纪念钱学森建立沙产业理论十周年文集

（京）新登字 175 号

图书在版编目（CIP）数据

纪念钱学森建立沙产业理论十周年文集/刘恕主编．—北京：中国科学技术出版社，1995

ISBN 7—5046—1343—6

Ⅰ．纪… Ⅱ．刘… Ⅲ．①钱学森—沙漠—产业—沙漠研究—纪念文集②沙漠研究—文集 Ⅳ．P941.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字（95）第 08145 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号　邮政编码：100081

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本：850×1168 毫米　1/32　印张：11.375　插页：2　字数：305 千字

1995 年 7 月第 1 版　1995 年 7 月第 1 次印刷

印数：1—550 册　　定价：35.00 元

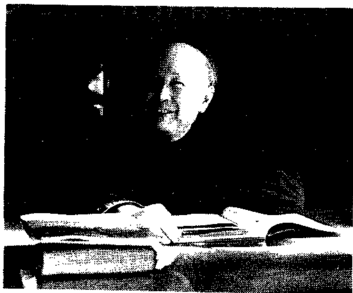
ISBN　7—5046—1343—6/p・45

主　编

刘　恕

编　委
（按姓氏笔划为序）

田裕钊　刘　恕　朱雪芬
谢联辉　董　正　董智勇



我国国家杰出贡献科学家钱学森首倡在沙漠戈壁地区创建农业型的知识密集产业——沙产业



1991年9月29日钱学森院士与参加沙产业十周年纪念活动的科学家代表合影

支持单位

中国科学技术协会

林业部

国家环境保护局

目　录

钱学森院士在会见沙产业研讨会代表时的讲话

（1994 年 9 月 29 日）

我首先向大家致敬。对于沙产业，我不过是冒叫一声，我不懂得，也没搞过沙产业，我仅仅有一点的实践。60 年代初，我参加火箭、导弹发射试验，正好发射基地在额济纳河边上，旁边都是沙漠戈壁，我在工作的间隙中到处跑跑，发现原来我理解的沙漠戈壁概念不对。沙漠戈壁里并不是一片荒凉，而是有不少其他地方没有见到的动、植物。每年基地要发展生产，就是挖甘草，挖出一大卡车一大卡车的，我跟基地的说，你们这么只挖不种，挖光了怎么办？还有基地的伙房挖梭梭树，说木头好，烧时火旺，我就说老挖不种挖光了怎么办？我就从这里得到启发，觉得沙漠戈壁不是完全不毛之地，关键是我们要经营，用科学技术来经营管理。

1984 年，中国农业科学院卢良恕院长听到了信儿，说他们农科院科技委让我去讲。我对卢院长说，我这个外行怎么到你们专家那里去讲，那不是笑话吗，我也不是学农科的。他说不管那么多，你就把你想的沙产业一些问题到我们那里讲讲吧。我说那你批准了我就去讲讲吧，可是讲了人家反对可得你负责呀，我是不知道天高地厚的。10 年前是这么一回事，我完全是外行。后来在科协碰到了刘恕同志，才知道有人已经做了许多工作。我说对不起了，我都不知道你们已经做了这些大量工作，我真是外行了，我向你们致敬。所以，同志们，我就是这么无知的人，瞎喊一阵子，有一点体会，胆子挺大。到后来得到各方面的支持，给我很大鼓励。后来不断知道一些情况，慢慢知道地方上甘草利用已经有了

很大发展，还有沙棘都有很大发展，我听了以后受很大鼓舞。但是我们国家有很大面积的沙漠和戈壁，沙漠这个问题是很大的。

今年7月份的时候，全国政协开常委会，李瑞环主席又强调讲，中国的农业，土地的问题很难，土地越来越少。在他的报告中提到要治沙防沙，而且他提到了要在中国大范围的调水来解决这个沙漠戈壁的问题和干旱问题，我也很受鼓舞。最近在《人民日报》上看见，林业部徐有芳部长提出了更伟大的设想，把沙漠都变得可以开发利用。有没有可能？当然有可能，但是工作量是很大的，决不是一天两天的事，不是几年的事。如果靠引水灌溉，那就要中国所有水量加在一起，要平均地分布在960万平方公里里。更何况要长距离、大范围的调水，比如说需向新疆地区调水的话，有人提出来调雅鲁藏布江的水，翻过昆仑山，这么大的计划，那可决不是一天两天的事。因此在很长的过程里，沙漠要充分发挥它的作用，那就靠沙产业了，于是我冒叫一声发展沙产业。在不少于100年的过程中，改造利用沙漠，这就是沙产业的任务。我体会提出的沙产业的任务，我们要在100年内逐步的做，中间不断地有生产有所发展。现在已发展的主要是药材。张掖那个地方，主要是用祁连山的水，我有体会。我在20基地时，额济纳河就是靠祁连山的水，基地也是有水，有水就可以种水稻，还真行，种得挺好，一没水就完了。现在听说祁连山上游发展农业，水用得多了，现在再到基地去，河里恐怕就没有什么水了。但是这些地区阳光是比较强，要充分利用阳光——沙漠戈壁地区特殊充分的要素。

记得在60年代初，有一天毛主席曾托他的秘书打电话找我去，我赶紧准备好去了。毛主席找了科学院几位院长、副院长，那时候有竺可桢副院长、李四光副院长、吴有训副院长，我们四个人坐着椅子在他身边围了一个圈。他就一边抽着烟一边跟我们聊天。我记得很清楚，竺可桢副院长说他刚从青海回来，青海那边阳光非常充足，而且到夜里气温下降，所以植物养分可以保留，不至于耗散掉，这样在青海当然是可以种春小麦。春小麦可以密植，

产量非常高，他跟毛主席汇报这件事。这样我脑子里就有了印象，青海那边阳光比较充足，所以那些地区有它的优点。这样我也想到田裕钊同志要开发的微藻，只要阳光充足，恐怕象西藏那地方也一样可以开发利用。那么至于说盐藻，用盐藻生产胡萝卜素，这个在盐湖地区是大有希望的。

话说回来，这沙产业方面的问题，同志们做了很多的工作，我很敬佩。今后的任务大概还有 100 年，分阶段进行，在这一过程中，我们还要不断地累集资金，再用来开发。我看同志们论文报告里，还谈到一个问题，就是组织的问题。因为我们国家已经进入到社会主义市场经济，已经不是计划经济的那套东西。在市场经济条件下如何搞是个问题，现在我们的农业就得学习这个东西，有的走得快一点，成功了；有的还在徘徊；有的甚至于走不出路子来。很先进的单位也有，最近看到关于北京市顺义县的报道，它一个农业劳动力，真正的种田管田的劳动力，一个人管 300 亩，就是收割的时候和种的时候用机械化。所以顺义县农场的人说我们不是一年 365 天，我们是一年 375 天。怎么多了 10 天，就是说在种跟收的过程当中抢回时间，收得很快，收完马上就种。在北京，开会时听到北京市的人说，小麦收种时非常紧张，冬小麦晚下种一天就少收不少。现在这个问题解决了，所以他们说一年不是 365 天，而是一年 375 天，抢回 10 天。他们的种法，一个农业劳动力管 300 亩，用机械化的生产，同时他们也用科学技术和技术咨询。于是，种地的变成看地的，很简单。有个村里，管地的就是 6 位女同志，她们就是简单的看看，检查检查，看看有什么问题，打电话报告，然后就有专业技术队伍来处理这个问题。所以他们到美国去看后觉得，美国最先进的农场也不过如此，我们并不比他们差。他们就做到这个地步，这个地步是什么样的组织呢？这是公司化的组织、企业化的组织。公司管信息、经营，种地的劳动就变得很简单了，都有专业化队伍，机械化的队伍、科学技术队伍都有。那么这个在农业生产里，种地生产是我们国家最先进的。

还有个最出名的鼎鼎大名的江阴的华西村，华西村就有600多亩地，管种地的才7个人，其他劳动力都用在别的方面，都在搞第二产业的经营，第三产业的经营。华西村有个规定，谁要能说普通话升一级，谁要能说英语升两级。现在完全是面向市场，所以我不知道同志们考虑没考虑，我们的沙产业要发展，也得走这条路，因为我们现在整个国家是走市场化的路。经济体制，老一套是不行的，慢慢的再把组织搞起来。我不知道张掖是不是这样组织的。看见大家写的报告材料里边，还有内蒙 古阿佐旗有好多产品，有驼绒、苁蓉酒、中药产品，这些产品是运销国外的。我觉得现在西药太简单，人要活得好还得请中医。现在外国人也是这样，他们很重视中医药，外国的老人也很相信中医药。所以中医药、中药材要发展，是有很大很大的前途的。现在在北京，中药的价格一直在涨，涨得很高，供不应求。那么我们12亿人口，老年化可是个大问题，要靠中医药。所以咱们的沙漠地区的产品 将来不得了，身价百倍，现已经作了开头的发展。

我这个人从前就是天不怕地不怕，天不怕地不怕的勇气从哪来的呢？还是从党中央那里来的。导弹火箭技术在国外我是知道一些的，在1955年回到了中国，中国那么样的一个条件，我不敢提这个事，那么是谁作的决定哪？是党中央作出决定的，中国人可以干，所以这个启发还是从毛主席党中央那里来的。我到了20基地也就天不怕地不怕了，想到哪里就说到哪里，后来又得到卢良恕院长的鼓励，当然就更敢干了。

沙产业发展后，还有加工出口问题，现在把生产组织起来，生产能力扩大了，还要创造一些、开拓一些，因为市场需要很广。沙产业发展可要有有效的组织，否则 就会破坏沙漠生态环境，如甘草的问题，听说现在有点乱。在宁夏有的地方，抢着挖等还是存在，这就不好了，这些问题恐怕还是要考虑的。当前市场需要很广，所以我们这个沙产业前途无量，但必须是要组织起来，有效的组织进行，这是个很大的问题，由于它联系到群众，还有土地的如何使用，是承包还是怎么办。内蒙古牧区就是一个问题，以

前搞承包，承包畜不承包地，结果拼命养畜，把草地都破坏了。后来接受这个教训，就改过来了，连草地一起承包。这就好了，就解决问题了。这就是说有好些问题要做群众的工作，要合乎群众的思想，去激发他们的积极性并要有效的组织，否则会把资源破坏。林业部最近荒山拍卖，从前动员去绿化荒山，老动员不起来，老担心种了以后由谁管。就对这个问题，我不知道咱们的沙产业在这么大的戈壁上、沙漠上将来怎么管，不要再去乱挖乱弄，好容易种的就乱来是不行的，大家一定要研究这个问题，做一些试验，然后就立法开发利用沙漠，一定首先要对环境保护。沙产业现在是林业部抓，第一个层次是林业部要立法，然后再要国家、国务院层次。这些问题可能是要我们探索的下一步的问题。我这么提不知道对不对，一个生产基地需要有一个管理的制度。我们这一套肯定是有希望的，能够干的，但是要组织起来，有效的组织起来，而且这个组织是社会主义市场经济体制下的组织。

现在结合邓小平同志讲的科学技术是第一生产力这个概念，用现代科学技术、生物技术来发展沙产业。我想恐怕从现在再过几十年，人吃的东西要变了。这对农业科学、生物技术、医学科学、营养学恐怕就是一个相当重要的问题。我今天再给大家谈一谈最近想的问题，我们多少年来都是家里做饭做菜吃，这个是不是要变呢？因为从前家庭做饭的劳动是一个大项目，这个要解放。那么要怎么解决，我觉得现在已经有苗头，就是所谓的快餐业。这个快餐业是什么呢？我看了一些材料，它们介绍的方法实际上是烹饪的工业化。在家庭操作的烹饪变成工业化劳动处理，就象手工业变成工业化工厂劳动那样，它就是把做饭、烹饪变成一个工厂式的劳动。那么这样以后产品就很简单了，拿回去热一热 就吃了，或者不要热 就可以吃的。那么家庭厨房的劳动就大大减轻了，这个是趋势。本来家里的妇女，还有男同志天天把做饭当作一件事，这个味道我也尝过，在国外我和我爱人也都做饭、炒菜，天天当作一件事。那么这个要解放，我看下个世纪这个要出现，烹饪工业化后，食品的原料就大大的科学化。比如说，微藻生产的

蛋白质就可以调在食品里，吃起来很好吃，也很有营养。所以将来食品的原料的范围也大大扩大，人口不断在增加，老是老一套是不行的。要提高效率，生产效率，要提高利用太阳光生产食品的效率。烹饪的工业化，现在已经开始。食品原料的范围要扩大，微藻生产就是扩大的食品原料，那么我们沙漠的贡献就大了．沙漠里还有什么好东西可拿出来，提出来，这就要开拓思路，找出新路子。例如，中国本来不知道有西洋参，后来在美国长的西洋参也入了我们中国的药典。所以我们也不要自我简化，许多食品是可以开拓它的来源。沙漠戈壁就是一个来源。大家已经开始了做这方面工作我很高兴，现在我们沙产业基金会已经成立了，希望能通过基金促进沙产业的发展。

向参加“钱学森建立沙产业理论十周年纪念会”的同志们致意

钱学森

（1994 年 9 月 21 日）

我因行动不便，不能参加会议，但我的心是系着这次会议的。所以我要向参加会议的同志们致以敬意！并祝会议圆满成功！

我在十年前提出沙产业的设想，只是考虑到我国有 153 万平方公里沙漠、戈壁和沙漠化土地，而且沙漠、戈壁不是没有生物，我们应该让生物利用太阳光能为人类创造财富。我很高兴地知道，现在甘草和沙棘已成了规模生产。

当然，早在建国初年，我国第一代的领导人就提出要防沙治沙，并建立了防沙治沙事业。今天在座的不少同志对此曾作出重要贡献；中国的防沙治沙是在全世界领先的。我们决不会忘了他们的功绩！

今天特别令人鼓舞的是：据《人民日报》1994 年 8 月 25 日 2 版报道，国家林业部徐有芳部长在考察陕西榆林等地治理毛乌素沙漠的情况时说，根据各地几十年积累的治沙经验，今后防治沙漠工作必须从单纯的防沙固沙逐步转到全面开发沙漠资源的轨道上来。他说，在建立社会主义市场经济的形势下，必须对沙漠实施综合治理、综合开发，在沙漠地带建设大片绿洲，创造改善生态环境，从而进入向沙漠索取粮棉油、肉蛋奶的新阶段。这就把沙产业推进到改造沙漠、戈壁的新天地，我们就要考虑在全国范围内大规模调水！看到这一前景，我们的沙产业是多么宏伟啊！

同志们，中秋节刚过，再几天就将是国庆节，而今年的国庆是建国 45 周年大庆！我们也想到刚刚过去的 9 月 17 日是甲午战

争100周年。我们看到100年来伟大的中国人民所走过的路程，我们现在由伟大的中国共产党领导的社会主义中国，一定能把153万平方公里的沙漠戈壁和沙漠化土地通过建立沙产业而改造成绿洲！

同志们，我们努力吧！

纪念钱学森建立沙产业理论十周年学术研讨会开幕词

董智勇

（1994 年 9 月 27 日）

各位领导和专家学者同志们：

著名科学家钱学森同志发表关于建立沙产业理论已经 10 年了。为了推动沙产业科学思想的发展，促进我国防沙治沙工作和沙区国民经济发展与社会进步，提高全民族保护生态的意识，今天，我们聚集一堂，隆重召开钱学森建立沙产业理论十周年纪念学术研讨会。请允许我代表会议筹备组向出席会议的领导、专家学者、新闻单位的同志们表示热烈欢迎。

这次会议将进行学术研讨，推进沙产业科学思想的发展，交流沙产业理论与实践的经验，促进沙漠资源的开发利用，讨论建立沙产业发展基金问题以及出版论文集等。因此，这是一次重要的会议。

大家知道，钱老 1984 年 8 月 20 日在《农业现代化探讨》刊物上，发表了一篇具有战略意义的文章，就是《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》。这篇文章的发表，突破了传统农业，开拓了人们的视野和思路，为国内外所关注。

钱老在 1991 年 3 月召开的全国沙产业研讨会上，又作了一次极为重要的讲话，他殷切关怀我国创建沙产业和沙漠的治理与开发。他提出："假使我们运用全部的现代科学技术，包括物理、化学、生物学这样的基础科学，能不能让这 16 亿亩的沙漠戈壁每年也提供几千亿元的产值呢？有没有这个可能，这是个很值得研究

的问题。”他预言“农业、林业、草业、海业和沙业，假使这五个产业都实现了，将又是一次产业革命，即第六次产业革命，……可能在下个世纪出现。”钱老满怀信心地说：“我们中国人是有能力有智慧的，建立沙产业咱们中国人能不能带个头啊，我看一定能成功的。”

1993年12月6日，钱老邀请中国科协书记处书记刘恕同志、《人民日报》谢联辉同志和我，在他的办公室，专门座谈了沙产业和林业问题。他认为，对中国威胁最大的是森林少，土地沙漠化。林业要转变经营思想，加快发展。从现在开始，要研究中国西部问题，特别是中国西部沙漠的治理和合理开发问题。10年来，钱老时刻都在关心我国农、林、沙业等的进展情况，他为中国的繁荣富强和进步，倾注了大量心血，使我们深受教育和敬佩。10年来，党中央、国务院进一步重视和关怀我国的防沙治沙工作，1992年和1993年，国务院连续召开了全国防沙治沙工作会议。制订了防沙治沙规划，并且增加了投入，从今年开始，进行全国沙漠普查和监测工作。1993年，经民政部批准，成立了中国治沙暨沙业学会。总之，建国45年来，我国治沙工作取得了举世瞩目的成就，积累了丰富的经验，取得了具有国际水平的科学研究成果，这都是各级党政、各有关部门，科研院校广大科技人员和沙区各族人民群众辛勤劳动的结晶。钱老倡导的沙产业理论和战略思想，正在有力地推动我国沙产业迈入一个更高的境界。1992年6月联合国在巴西召开的世界环境与社会发展大会，其中一个重要的决议是开展同沙漠化斗争。我们中国应该为此作出应有的贡献。同志们，让我们奋发努力，为我国沙产业的兴旺发达，献策献计，再创辉煌。

沙产业——跨世纪的沙漠利用战略构想

刘 恕

（中国科学技术协会书记处书记，研究员）

人类治沙的历史得失和经验

占陆地面积 1/3 的干旱荒漠土地是具有特殊自然条件的地理单元，历史上曾是人群栖息居住的重要场所，是人类早期文明的发祥地。由于技术水平的限制和人口稀少，很长一个阶段，人们择水草而居，沿溪流而往，过着游耕、游牧生活。当时，人类的生存、生产处在同自然界原始的和谐协调之中。人们在沙漠地区利用自然的恩赐，顺应自然的变化，虽不是天地间的主宰，却是万物生灵中有自主能力的强者。

随着时间的推移，人口增长很快。游耕和放牧时期，1000 年间人口才增加 40%；而至近代，1650 年地球上有 5．5 亿人，仅用 200 年时间就增加一倍；此后的翻番，仅隔了 100 年；再后的倍增，则不到 50 年。今天，我们这个星球的人口已达 56 亿了。估计 21 世纪中期，世界人口将增至 100 亿。快速增加的人口和日益增长的需求，驱使人们加速开发沙漠地区这个幅员辽阔的空间。除了传统的农业开发外，干旱沙漠地区的经济活动也已经进人了一个较大规模的开发阶段。人们投入大量资金修建人工运河，打深井抽水，营造绿坝，经营草场、农田，期望这片广漠空间也能为人类创造源源不断的财富。但是，人类活动改变了沙漠中自然要素之间的关系。诚然，至今不乏人类开发沙漠的成功例证，但随

时间推移，在沙漠这块具有特异自然条件的地区，在人与自然关系中，给我们留下不少值得深思的问题。

案例一 1994年1月，中亚五国（乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦）的国家主席和俄罗斯的副总理在咸海附近的努库斯开会，专题研究前苏联在荒漠开发中引起的环境问题。这个问题，实际上早已引起世界银行、联合国环境署等国际组织的关注，日本、法国、美国、意大利等国也都一直在派人参与考察，并捐款组建医院，协助减轻“生态灾难”的后果。事情的原由是，50年代初，苏联以改造沙漠为目的，将天然水系引入人工河道，建设了被称为“世纪工程”的卡拉库姆大运河。一系列水利工程完成后，很快在咸海流域形成了620万公顷 的水浇地，使全苏的棉花产量成倍增长。1982年，在中亚的水浇地上产优质棉800多万吨，不但结束了苏联进口棉花的历史，而且用长绒棉换取了大量的外汇。但好景不长，30多年之后的今天，这大片水浇 地的地下水普遍上升，土壤大面积盐渍化，产量急剧下降；阿姆河下游水质恶化，疾病和婴儿死亡率增加；“白风暴”（含盐分的风暴）增多，咸海面积缩小。不仅当地的居民不再称颂“工程的伟大”，当年参与实施计划的科技界人士也都改变了态度和看法。在苏美两国宇航艺术展览会（1989年）的入口，有一幅画面，宇航员手持两张不同时期咸海的卫星照片，向人们示意咸海正在干涸。这幅画被称为“宇宙思维”，表达了探索宇宙奥秘的人从太空俯视地球，发现了荒漠化的进程如此迅速，为地面优虑。50年前，苏联科学家制定的战略决策是要用咸海每年蒸发掉的50立方公里的水（黄河多年平均径流量是62. 8立方公里）换取150万吨优质棉花。从那个时代的认识水平和科学水平来说，不能 不说当时决策是正确的。著名学者地理学家穆尔扎耶夫、水文地质学家库宁、沙漠学家彼得洛夫，以及当今依然健在、当了30年沙漠所所长的巴巴耶夫当时都是这一庞大计划的策划者和鼓动者。当然，历史地看，我们依旧应该敬重他们在沙漠学术研究中的执著和真诚。

案例二 本世纪中叶，非洲国家相继独立后，发展经济是各国政府最关切的事。非洲是牧业最集中的地方，全世界一半的牧民在非洲。而非洲1/2的土地是荒漠和半荒漠（1400万平方公里）。60年代初，人们在研究了萨赫勒地区的自然条件后认为，振兴经济的注意力应放在解决影响牧业发展的牲畜大量死亡和人畜供水问题上。一方面国际社会派出兽医专家，提供疫苗，培训人员，组建兽医所，提供幼畜。很短的时间内，畜群开始快速增加。有限的天然草场因牲畜过载而退化，迫使人们利用无水草场。为了解决无水草场的供水，各国打井队帮助打井。从60年代末到80年代，仅仅用于萨赫勒地区牧业的国际资助就达约6.25亿美元。利用现代技术，在无水草场上钻出大批深井，有的还用太阳能提水。水井的周围，集聚着牧群，且形成了新的生活区（商店、清真寺、诊所）。自此，畜群以水眼为核心，转人定居。旱季里，牛群每两天饮水一次，只能利用水源点周围15公里以内的草场；小牲畜每五天饮水一次，可利用水源点周围30公里以内的草场；骆驼11～15天饮水一次，可食水源点周围60公里或更远处的牧草。这样的结果，牲畜不正常地集中在一个有限的地域内。几年以后，以水眼为圆心的一个寸草不生的荒漠化同心圈就形成了，并不断扩大。当地牧民说："水多了，但草少了。"荒漠化圈发展很快，牲畜不能饱食。"牛多了，但奶少了；羊多了，但肉少了。"水井保证了牲畜头数的增加，却使绿色植物丧失，意想不到的后果暴露了这些治标措施的弊端。从1987年开始，许多国际组织采取了果断措施，中止了打井援助计划的执行。

案例三 50年代末期，在我国的沙漠治理方案中，曾出现了这样的一段"壮志凌云"的话："在不久将来，沙漠将在中国成为历史的名称，而在沙漠的废墟上将出现伟大的工业基地和汪洋大海般的林业、牧业基地，""……必须争取在十年以内全面地改造利用沙漠，实现全面绿化，变沙漠为畜牧业和林业基地，改良土壤，改变气候。"至今近半个世纪的时光已经逝去，人们虽曾不懈地工作过，但沙漠不仅没有成为历史的名称被人遗忘，相反，以人

的不合理活动为主导因素的“人造沙漠”却成片出现。显而易见，人们激情多于理性的抉择，住往由于缺乏现实性和科学性，或难以实现，或劳民伤财是其必然结果。今天，随着对沙漠特征认识的加深，人们终于懂得，全面固沙不仅不可能，且不可取，因为已有不少学者认识到，保留沙漠中部分流沙（即不作生物措施固定，约占沙漠范围的 1/3）是维持沙漠水份平衡所必需的，称之为“流沙生态效应”。流沙是沙漠中最好的集水器，稀少的降水落到沙面很快渗入沙层，1 毫米降水能润湿 1 厘米的沙层。由于沙粒持水性很差，在大于 5 毫米的降水时，落在流动沙地沙面的水大部分变为重力水进入沙层深处保存下来。因为表层的湿润沙层被大气很快灼干后，20 厘米厚的干沙层就是一个极好的隔离罩，使深层的水不被蒸发。沙漠中低地的淡水和湖、泉都是这样积聚雨水的。

自然界是一个多维联系的庞杂的生命有机体，多种因果关系交织叠加。当人类活动干预自然界后，这种关系更趋复杂。相互依赖的因素和互相作用的过程构成一个不断演化和发展的综合体。人类作用于自然界，自然界对这些作用的反馈远不是短期可见端倪的。其结果的显现需要时间过程。我国有许多专家学者有幸目睹或亲自参加了近半个世纪以来的沙漠地区许多改造实践活动，因此有资格用反思——事后验证的方式来总结成功的经验，检讨评说原本的不足，认识失算的教训，从中获得新知识。“前事不忘，后事之师”，使后来者不重蹈覆辙就是反思的目的。

沙漠本底的复杂性与沙产业的战略抉择

总观上述开发过程的教训，大都源于对沙漠本身客观规律 认识不足。沙漠地区的自然本底十分复杂，首先它有异于其他地区。例如，中亚荒漠中的太阳辐射高出湿带一倍以上，地表昼夜温差高达 50℃，每年持续无雨期一般在 100～150 天，蒸发大于降水 10～12 倍。在这种特殊的自然条件下，根据适者生存的天择原理，一切生命体都改变 着自己的生物学特性，来适应沙漠地区特别严酷

的环境。例如，荒漠中的植物，每克生命体每小时蒸腾 0. 04 克到 5. 18 克水，而在潮湿的热带为 0. 01～0. 002 克，差异达千百倍。同一种植物，也因适应沙漠地区的环境而有变化。例如，荞麦种植在温带，每平方厘米叶面上有 82 个气孔，而种植在沙漠地区，气孔增多到 341 个。沙漠地区自然条件的年际变幅也很大，如非洲萨赫勒地带 400 毫米等雨线在最近的 30 年南北向移动的距离达 100 多公里，一般干旱年和丰雨年降水量之差高达 20 倍。

我们罗列这些粗线条的资料是想说明，这些人类无力驾驭的沙漠中的自然条件及其变化，是反复出现的和普遍存在的。因此，沙漠地区自然要素的盈缺，远非像木桶理论形象表达的那么简单，把现存的短缺补足就可万事大吉。例如，水可以给缺水的荒原带来丰收，也伴随着强烈的蒸发，积累盐份；先锋植物固定流沙后，增加了绿色碳水化合物的产量，但在天然演替被取代后，会迎来沙地的另一种形式的荒漠化。面对沙漠复杂的客体，人们既不能凭藉现有的知识、强大的技术和资金为所欲为，也不能以“常识”代替客观真谛，缺乏周密的科学论据而草率从事。沙漠地区的开发更需要科学、正确的战略决择。特别是即将进入 21 世纪，技术进步使人类有了 更强大的武器，资金亦将不再是开发沙漠的主要障碍，在这种情况下，一个正确的指导思想比任何时候都更有意义。钱学森教授所倡导的沙产业就是在这种背景下应运而生的，这是一个表述简洁，又有严格规范的跨世纪沙漠开发的战略框架。一般来说，战略应包括目标及达到目标的系列措施。钱学森教授所倡导的沙产业，没有把入类在沙漠地区最为普遍和已形成规模的传统种植业、畜牧业，以及石油、天然气和煤炭开采的能源视为目标，而是将目光转向沙漠地区分布在地球表面南北一定范围内的阳光地带这一现实，把增加太阳能固定、转化效率作为开发利用的方向。太阳是一个巨大的辐射源。阳光辐射到地球表面的总功率高达 200 拍（10^{15}）瓦，比全世界发电站的总功率 1 太（10^{12}）瓦多 20 万倍。太阳能是取之不尽、用之不竭的“干净”能源。尤其在科学技术将会有突破性进展的 21 世纪，层出不

穷的新材料和新工艺将会使太阳能的利用变得经济、可靠。这些，都为利用植物转化和固定太阳能提供了广泛的前景。

战略框架不但要求正确的目的方向，而且包含一系列达到这一目的的手段、方法、措施。钱学森教授倡导的沙产业，要求运用全部的现代科学技术，包括物理、化学、生物学这样的基础学科，通过光合作用固定、转化太阳能，建立起知识密集的农业型产业之一，沙产业。这不仅指出了利用沙漠的方向，而且规定了手段和方法。钱学森教授以新的思维来对待沙漠，期望在广阔沙漠中建立可产生上千亿元产值的大事业。据联合国粮农组织统计，1987 年世界粮食总产量比 1986 年减少 4%，1988 年又比 1987 年减少 3. 8%。全球粮食储备 1960 年为 2. 34 亿吨，可供世界人口消费 102 天；1989 年 8 月底为 2. 51 亿吨，却仅够 54 天的需要。如果把眼光放远，展望 21 世纪的未来就会发现，世界人口增加的势头不会减缓，人口的压力要求人们寻找新的出路。钱学森教授倡导的“沙业”、“海业”，对解决人类的食物需求拓展了极为辽阔的空间。

沙产业实践、探索的范例

几年来通过学习和实践，对沙产业的理解在逐步深化，感到钱学森教授倡导的沙产业的理论不仅有方向性、远瞻性的战略意义，而且有可操作性的实践范例。

国土面积仅 2 万多平方公里的以色列，60%以上的领土为年降水在 300 毫米以下的荒漠，自然条件严酷。因此，以色列的农业，有典型的沙漠农业特色。数十年来，依靠管理和技术发展起来的以色列的知识密集型农业，生产年出口 6. 66 亿美元的产品(1991 年)，为我们创建中国的沙产业，提供了很多具体的启示。

据一位有权威的犹太族学者在甘肃的一次小型报告会上介绍，以色列建国以后的沙漠农业开发经历过认识上的变化。一切经济发展的要素构成，无外乎首先有自然资源，这是基本的前提；

其次有适用的技术，变资源为财富；再要有资金的投入，来启动转化；最后，要有人来管理、来运作。最初他们认为，在经济开发成效中，四要素的份额比大体是40：25：25：10，即资源最重要，占40%。这种思维定势曾约束以色列的发展，因为以色列没有大片的肥沃土壤和丰富的水资源。以色列人从艰苦的实践中改变了这种看法。现在，他们认为，这四个要素按其重要性，排列应该倒置过来：主导的、决定意义的是人的管理、人的素质；其次，才是由人来筹划资金，寻找技术，开发资源。以色列人40年来在干旱荒芜的土地上，把原始的经济发展成为现代化的经济，首先应归功于认识上的这种进步。

当代以色列农民有良好教育基础和现代意识，在忧患中又勤于奋斗，正视严酷的自然条件，可以毫无顾忌地大胆吸收世界先进技术。在发展沙漠农业所采用的技术路线上，他们充分考虑到当地阳光充沛、水源短缺的特点，成功地使用了两种关键技术：温室和滴灌。

早在60年代初，在沙漠地区利用植物固定和转化太阳能中，为克服效率不高和土壤盐渍化等难题，美国人开始在阿利桑那建立大棚温室，被称为“环境控制农业”。在相当一段时间，尽管美、苏、日、德、荷的科学家都进行了许多科学试验和定型的温室设计，但都没有像以色列人那样，以极快的速度，大面积地在生产中推广运用。有人说，以色列所以成为“欧洲的冬季厨房”，是靠了他们创造的独一无二的沙漠温室。实际上，沙漠温室是精明的以色列人从别人那里移植来的。

以色列针对自身水源贫乏，传统灌溉又有弊端的缺憾，推广滴灌技术，并采取了一系列经济用水的措施。他们首先把有限的水纳入全国统一的水网体系——“全国输水工程”，有计划地收费供水，不再使用大水漫灌技术。从60年代起，相继成立了若干滴灌设备公司，不断优化技术。开始，用一般的塑料管道定时为作物和树木的根系生长部位供水；第二代滴灌设备引用了高压湍急水流。至1993年春，我们在以色列看到的滴灌技术已是第三代、

第四代，运用计算机技术，根据土壤吸水能力，作物特性、作物生长阶段和气候等条件的变化，严格控制供水量，并采用了新型塑料，延长管壁寿命。以色列的污水，也被资源化了，以色列的第五代滴灌设备，附加了一个过滤器，用来调整水压，并将污水净化。预计到 2000 年，以色列的污水利用率将达到 80%。

以色列的水资源利用率超过 85%，大大高于高效用水的日本(30%)。由于一系列新技术的应用，20 年来以色列农业淡水用量逐年减少，农产品的销售利润却直线上升。每立方米水生产农产品的销售利润，1950 年为 0. 46 美元，1990 年上升为 2. 04 美元。

除了利用温室 控制生境使植物能充分利用太阳能，用滴灌减少干旱沙漠地区无效的水面、土面蒸发，防止土壤盐渍化外，以色列还把一切可以利用的现代生物技术，销售、管理措施应用在生产和流通的各个环节。结果：

——以色列的鲜果产品（柑桔、橄榄、番石榴、芒果、番蕉、荔枝、柿子、苹果、梨、樱桃、柠檬、柚子）可一年四季供应世界五大洲的食品店（西欧市场 3/4 的油梨是以色列生产的）。

——运用遗传工程，培育出无籽良种番茄，甜味番茄（商标是“卡梅尔沙漠甜果”），含糖高和便于贮存的土豆，高产和高蛋白的小麦品系，耐贮存的生菜保鲜技术，等等。

——减少常规粮食作物的种植面积，改由进口谷物替代。

——为防止产品过剩积压，根据国际、国内市场的需求，全国规定了供水份额制。对耗水多的棉花等生产，减少份额，限制供水；对创汇多的密集型 园艺部门，则增加生产份额。

列举这些的目的是想说明，沙漠农业不仅需要像温室和滴灌这类关键的技术手段，而且要求其他技术措施的配合、配套。正象钱学森教授倡导的那样，“把全部现代化科学技术，包括新的技术革命的成果，都用上。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密。”

当然，如一切事物都不能十全十美一样，以色列沙漠农业也存在着问题。但是就其发展思路和技术路线以及成功的事实，足

以为我们发展沙产业提供可借鉴的经验和树立信心。

改革开放以来，我国农业战线上取得了光辉成就。就在我国西部干旱沙漠地区河西走廊的张掖地区已发展成为全国最大的西菜东运基地，年产蔬菜达4亿多公斤。目前这里虽比不上“欧洲的冬季厨房”，但年生产能力达3000吨的番茄酱厂和总设计能力达2400吨的14个蔬菜脱水加工厂已建成，年加工蔬菜1000多万公斤，已开始部分销往日本等地。在国内也开始了“戈壁鲜菜向东流”的新篇章，已经流向中国内地100多个城市。张掖地区所采用办法也恰是充分利用沙漠地区充足的阳光，克服水份短缺的困难，建立、发展设施农业。这个地区目前已有近1146公顷蔬菜大棚和60余公顷高效节能温室，同时也是我国最早推广滴灌技术地区之一。

倡导新思，创建条件，迎接沙产业新时期

三年前钱学森教授希望治沙工作者“从已有基础的防沙、治沙、固沙事业开拓出去”，既承认40年来沙漠治理的成绩，又不自封于原有的思维模式之中；既尊重已有经验，又不拘泥于陈旧的思路和方法，大胆开拓，积极探索，使治理沙漠的事业有划时代的变革。

历史即将跨入21世纪。今天爱护地球、保护环境被视为人类共同的道德准绳；留下经济繁荣和青山秀水的环境给后代子孙，已成为当代人的神圣职责。从环境保护、防治荒漠化的角度出发，发展沙产业是控制荒漠化的积极手段。因为沙产业会增加沙区光合作用的产品产量，第一性产品产出量愈丰富，人们为追求生活必需而进行的盲目开发行为才能得到控制，沙区的植物资源方能得以休养生息，荒漠化得以控制，持续发展原则得以具体体现。

方向已经指明，实践中也有了可借鉴的经验，但沙产业的真正价值如不在生产中得以体现，人们依然难以正确估价它的意义所在。创建沙产业除了需要理论清晰、认识提高外，还碰到资金

和技术的困难。在此我们真切地向沙漠戈壁各地政府，向政府有关部门，向一切关心沙区环境和人民的有识之士呼吁，通过你们的力量统筹已有的资金渠道，筹措一批中长期贷款，扶持建立沙产业专业公司，按照自负盈亏、自我发展的原则，重点发展沙产业龙头技术和带头产业，像滴灌设备公司、温室技术及设备公司、藻类产业公司等，并以点带面，推动发展。首先选择甘肃河西、内蒙、新疆等地建立试点、示范基地，使以提高太阳能转化效率、节约用水为目的的沙产业能与其他产业处在平等竞争地位。这样，沙产业这一宏伟事业必将在世纪之交的关键时期出现在中华大地上。

纪念钱学森建立沙产业理论十周年学术研讨会纪要

（1994年9月28日）

促进沙产业发展基金筹备组1994年9月27日至28日在北京召开纪念钱学森建立沙产业理论十周年学术研讨会。林业部科技委副主任、促进沙产业发展基金筹备组负责人董智勇主持会议并致开幕词。中国科协书记处书记、促进沙产业发展基金筹备组负责人刘恕在会上作了《沙产业——跨世纪的沙漠利用战略构想》主题学术报告。来自全国各地的60多位专家学者参加了这次研讨会。中国科协、林业部、国家环保局等有关部门负责同志到会祝贺。

钱老来函向参加学术研讨会的专家学者致意。钱学森在信中指出："我在十年前提出沙产业的设想，只是考虑到我国有153万平方公里沙漠、戈壁和沙漠化土地，而且沙漠、戈壁不是没有生物，我们应该让生物利用太阳光能为人类创造财富。我很高兴地知道，现在甘草和沙棘已成了规模生产。"

钱老在信中说："今天特别令人鼓舞的是，据《人民日报》1994年3月25日2版报道，国家林业部徐有芳部长在考察陕西榆林等地治理毛乌素沙漠的情况时说，根据各地几十年积累的治沙经验，今后防治沙漠工作必须从单纯的防沙固沙逐步转到全面开发沙漠资源的轨道上来。他说，在建立社会主义市场经济的形势下，必须对沙漠实行综合治理、综合开发，在沙漠地带建设大片绿洲，创造改善生态环境，从而进入向沙漠索取粮棉油、肉蛋奶的新阶段。这就把沙产业推进到改造沙漠、戈壁的新天地。"

中国工程院副院长卢良恕为纪念钱老沙产业论述发表十周年题写了“依靠科技进步，开发利用沙资源，推动沙产业发展。”

1984 年钱学森教授倡导创建沙产业的论文发表至今已有 10 年了。与会专家学者结合 10 年来自己的科学探索和生产实践活动，对钱学森教授所论述的沙产业内涵及产业发展前景取得了共识。

参加研讨会的专家学者认为，钱学森教授倡导的沙产业，不仅是治沙、防沙，制止沙漠化的组成部分，更是“对已有基础的防沙、治沙、固沙事业的开拓”。钱老所倡导的沙产业，没有把人类在沙漠地区最为普遍和形成规模的传统种植业、畜牧业以及石油、天然气和煤炭开采的能源视为目标，而将目光转向分布在地球表面相当而积的沙漠地区阳光利用，把增加太阳能固定转化效率做为一种开发方向。这就需要运用全部的现代科技，包括物理、化学、生物学这样的基础学科，通过光合作用面定转化太阳能，建立起知识密集性农业型产业之一——沙产业。钱老期待，用新的思维来对待沙漠，在广阔的 沙漠中建立起可产生上千亿元产值的大事业。

与会代表一致认为，钱学森教授以简洁的语言、严格的规范给我们描述的沙产业的理论及开发框架，不仅有方向性、远瞻性的战略意义，而且有可操作性的实践范例 。

会议认为，在环境意识不断提高、科学技术快速进步的今天，我们有必要站在一个新的历史平台上，重新审视过去建立在单一减风灾、防沙害基础上的治理方法和措施。钱老的沙产业思想就为中国治理风沙灾害和开发利用沙区资源筑起了崭新的平台。这是一个以现代科学技术为基础的平台。扎根在这个新平台上的沙产业主要特征，是充分利用沙漠戈壁特殊自然条件，极大提高生物转化太阳能效率。

与会的专家学者主张用一种全新的观念、全新的思维方式去综合分析、研究沙区资源优势；用全新的治理措施、开发模式去经营、管理沙区生态经济系统。发展沙产业的目标，是运用系统

工程，“寓防治于开发之中”，以求得沙区发展的协调性、综合性和持续性；沙产业运行机制，是以社会主义市场经济为导向，求得特殊生境中的特殊经济效应价值。

会议认为，沙漠农业不仅需要像温室和滴灌这类关键的技术手段，而且要求其他技术措施的配合、配套。正象钱老倡导的那样，“把全部现代化科学技术，包括新的技术革命的成果都用上。从环境保护、防治荒漠化的角度出发，发展沙产业是控制荒漠化的积极手段。因为沙产业会增加沙区光合作用的产品产量，第一性产品产量愈丰富，人们为追求生活必需而进行的盲目开发行为就得到控制，沙区的植物资源得以休养生息，荒漠化得以控制，持续发展原则得以具体体现。

会议向社会呼吁，而对沙漠复杂的客体，人们既不能凭藉现有的知识、强大的技术和资金为所欲为，也不能以“常识”代替真理，缺乏周密的科学依据而草率从事。与会专家学者同意刘恕同志的分析：沙漠地区的开发最为重要的是科学正确的战略决择，特别是人类即将进人 21 世纪，一个正确的指导思想，任何时候都更有意义。

专家们建议，通过统筹已有的资金渠道，筹措一批中长期贷款，扶持建起沙产业专业公司，按照自负盈亏、自我发展的原则，重点发展沙产业龙头技术和带头产业，像滴灌设备公司、温室技术及设备公司、藻类产业公司等，并以点带而方式，推动发展。

与会的学者专家还建议，首先选择甘肃河西、内蒙、新疆等地建立试点示范基地，培养跨世纪、高科技人才使以提高太阳能转化效率，节约用水为目的的沙产业能与其他产业处在平等竞争地位。

参加研讨会的专家学者们一致赞同建立促进沙产业发展专项基金。9 月 27 日晚，经过近一年筹办的促进沙产业基金会正式成立。沙产业基金筹备组推荐的参加基金管理委员会人选获得与会人员一致同意。刘恕、董智勇分别担任管理委员会正副主任。促进沙产业发展基金管理委员第一次会议通过了《中国科学技术发

展基金会促进沙产业发展专项基金章程》和《中国科学技术发展基金会促进沙产业发展基金集资奖励办法》。中国科学技术发展基金会秘书长宋南平同志出席了基金会成立会议。

促进沙产业基金管理委员会认为，在脆弱生态环境下创造沙产业，在经济贫困沙区发展沙产业，必须广大人民参与，必须社会各界支持，必须站在新的历史平台上。这是一项抗御自然灾害、保护生存环境、科学开发沙区资源的巨型工程，是一种爱国、爱民、利人利己的具体行动，定会得到更多的有识之士的支持和帮助。

对沙产业的认识和实践

田 裕 钊

（中国科学院）

沙漠区经济开发方案的回顾和前瞻

我们这些一生都与沙漠和沙漠化问题打交道的人，不但在沙漠地区人群集聚的地方生活工作过，也深入到大沙漠腹地渺无人迹的塔克拉玛干“死亡之海”的中心，穿越卡拉库姆大沙漠，亲身感受过不可驾驭的自然荒野的无穷神奇。我们领略过连绵如洋的翰海沙漠中那种辽阔的美、曲线的美、静寂的美，也遭受过伸手不见五指的黑风暴的无情袭击。我们与沙区人民共享收获的喜悦和瓜果的香甜，也调查过70年代以来非洲萨赫勒地区几度重演的本世纪最严酷的使千百万人流离失所、数十万人丧失生命的生态灾难。我们亲眼目睹了一度被称为“世纪工程”的长达1000多公里的卡拉库姆运河两岸面积达几百万公顷的新垦水浇地，以及其在巨大成功以后，咸海却因之干涸、水质恶化所带来的阿姆河下游今日的生态灾难。

近二三十年来，国际社会为遏止荒漠化扩大，控制生态灾难，曾采取一系列整治措施，但实践证明，有的是低效的；有的伴随着短暂的成功后不期而至的却是更为可怕的一系列“副作用”；有的则完全出乎意料招致严重的灾害性后果。人类在荒漠地区的经济活动到底应该怎么发展？出路方向在那里？如何解决荒漠利用和沙漠化难题，已成为所有从事和关心荒漠地区的人们思考的重

大问题。1986 年 11 月，笔者出席联合国科学技术发展中心召开的干旱及荒漠化会议。其间，听到了各方人士对 1977 年内罗毕世界荒漠化大会后的 10 年，全球的干旱和荒漠化问题不但没有改善，局部地区还有所恶化的指责。国际社会的舆论，有四种批评意见：1. 责任在于各国政府（联合国荒漠化防治行动纲领要求各国政府制定自己的行动计划，建立跨部门的中央专门机构，以协调对抗干旱和荒漠化的行动。当时，只有阿富汗和苏丹成立了这种机构）；2. 联合国的主管部门环境规划署工作不力；3. 资金不足（在 20 年内，每年需要投资 45 亿美元，但实际筹到的很少）；4. 科学家们至今没有提出好办法。

上述舆论指责的依据虽说不都那么令人信服，但是对中外科学家在近百年来提出的构思设想、计划设计做一番回顾和思考，并将其与钱学森教授倡导的“沙产业”作一番比较，以加深对“沙产业”的理解却是很有裨益的。

围绕着“改造利用沙漠”这个目标，解决干旱沙区居民的生存条件的各种计划中，多半采取了同样的一个手段，即开辟水源，因为在干旱沙漠地区进行农业型生产活动离不开淡水，就像经典名著中概括的那样，“粮食不是用土地，而是用水生产出来的”，“哪里有了水，哪里就有生命”。给沙漠补充短缺的水成为一个世纪以来，人们复活沙漠地区生机的主要药方。

改造天然水的分布格局，跨区域向沙漠地区调水；开发地下水、海水淡化等是各种计划中经常讨论的方案。美国宏大工程协会会长菲·多比特森提出，用大口径塑料管把法国的河水，通过地中海海底引到阿尔及利亚，估计总工程费用 300 亿美元。摩洛哥有人则提出“和平管道输水构想”，企图将摩洛哥境内流入地中海的河水，通过一条地下管道，经阿尔及利亚、利比亚、埃及、约旦、伊拉克输送到沙特阿拉伯和海湾各国，每日供水 600 万立方米，总投资 200 亿美元。

为解脱萨赫勒地区饱受干旱的折磨，有人策划从大西洋岸边毛里塔尼亚的首府努瓦克肖特起，开挖经过提季克贾，穿越萨赫

勒全区，在塞卢姆港处进入地中海的人工河。这条可以通航的人工河，总长6000公里，宽100米，深35米。

1988年9月日本清水建设公司提出用200台水泵沿管道引海水的“大漠水网”计划。在沙漠中相隔150公里建设直径30公里、深20米、用2米厚的混凝土围成的人工湖。湖中央部分堆起一个直径5公里的岛屿，辟为居住地。湖间用宽50米、深10米的河道相连，可以在水中养鱼为业。清水公司认为，建一个人工湖工期3年，注水需8个月。如果建7个人工湖和总长为1800公里的人工河道，应投资18万亿日元。

其实，类似的策划思想，早在1935年就曾提出过。利用面积达90万平方公里的刚果盆地，通过把扎伊尔河截拦蓄水，形成巨大的人工海；利用水利工程，把乍得盆地变成另一个人工内海。人工海的总面积将占据非洲本土总面积的10%。在北非的突尼斯和阿尔及利亚，在上世纪亦有建立庞大“内海”的构想，造内海，把突尼斯的杰里德盐沼和阿尔及利亚的梅勒吉尔盐沼（低于海面31米）3万平方公里淹没在海水中。1983年起，阿尔及利亚和突尼斯两国领导人已决定成立“内海”设计研究会，进行经济技术论证，并研究集资方案。70年代中期前联邦德国和美国的一批专家，建议埃及在阿拉曼和马特鲁两块绿洲之 间，用原子定 向爆破的方法修一条地中海一卡塔腊运河。1985年7月意大利向扎伊尔政府提交了一份设计书，计划将每年扎伊尔河水（总流量1900立方公里）的1立方公里，沿一条长2 500公里的河道输往萨赫勒地区。

目前，埃及和沙特阿拉伯两国正在研究把尼罗河水用管道从基纳送往延布的可能性。管道穿过红海。提出的方案铺设主输水干道936公里，日输水200万立方米，总投资47．5亿美元。当然在诸多“补水”方案中，也有日本人斋藤荣四郎和他的公司提出的用5 000亿美元在沙漠中建造50个喜马拉雅山，用积雪来灌溉撒哈拉沙漠等充满了乌托邦式的构想。但其中也有真刀真枪真干起来的案例，例如利比亚的“人造大河工程”。这项工程分五期实施，输水干道全长4 200公里，计划抽500万至700万立方米

地下水到沿海地区，总投资270亿美元。1991年8月28日，第一期工程竣工，耗资33亿美元。人工河由内径为4米的水泥管组成，每节长7.5米，重8吨，埋放在7米深的土层中，为了完成这项工程，专门修建了两个水泥管预制厂，沿施工管线铺设了1 500公里专用公路。全部工程完成后，计划 用单臂式水车钟面灌溉18万公顷麦田，为200万只绵羊和20万头牛供水，年生产小麦75万吨。在利比亚的大地上将出现3 7000个面积为5公顷的圆形田块，设想单产为每公顷4吨。这项工程被称为“世界奇迹”、“20世纪最伟大的工程”。利比亚先后共动员了相当于该国人口3倍的1 200万人次参加建设。有人预言，巨河计划潜在的问题可能不反映在施工中，而会暴露在以后的运转 中。

为解决无水草场的供水，萨赫勒地区从60年代起就在国际资助下钻深井取水。60年代，埃及在新河谷开发了5个绿洲，打井300眼。在原苏联沙漠中每年平均打井200～300眼，总流量20立方米/秒。除此之外，昂贵的海水淡化也加入了“补水”措施之列。沙特阿拉伯的朱拜勒是世界上最大的海水淡化厂，日产淡水29 000万加仑。产出的淡水，用3 000多公里长的输水管道送往居民地。淡化海水成本高达每立方米1.7～1.8美元，而且带来其他问题。例如，淡化海水将产生大量的副产品——盐。若以供纽约市一年的用水量计，就会有5 440万吨盐，比全美国两年内用的盐还多。

目前，中、近东靠近海洋的国家已经制定了相当具体的向沙漠运送极地浮冰的技术方案，利用在南极、北极和格陵兰所汇集的冰山，其淡水量比 整个地球上所有河流、湖泊的淡水多200倍。每年，北极自然分离出1 500块浮冰，大部分浮冰不脱离冰川本体就会消融，只有那些大块的浮冰，被洋流搬运到几百公里以外。俄国人在南极找到了一块浮冰，面积3 000平方公里，浮冰水上部分高40米，体积超过800立方公里，接近1983年全中国8 6000座大小水库总库容量（4 208亿立方米）的两倍。在现实的技术条件下，搬运浮冰并非空想，沙特阿拉伯和法国已成立了

国际浮冰搬运合营公司，为设计和试验拨专款 100 万美元。法阿公司认为，运送到阿拉伯沙漠 1 立方米冰川水，需花费 20 美分至 1 美元。美国科学家伊萨克斯、赫尔特、奥斯特兰德和斯普拉格从 50 年代起也先后提出了自己的方案。联合国专家认为，俄国人制定的方案比较可行。卫星找出航道，遥控自动工作船与浮冰对 接，“押送”浮冰接最佳速度前进，如果说在本世纪能够制定出可行方案，实际应用接作大概是下个世纪的事了。

在沙漠地区，不管用那种方式开辟的水源，用于发展农业型产业，往往既有成功的实例，亦同时伴有种种隐患和问题。人们常称道以色列以滴灌为主要方式的农业开发应当是当代沙漠开发成功的实例。但更多的是开星后的喜悦与随后带来的问题并存。沙漠地区的农业型开发，多半是利用找到的水源种植小麦、棉花、蔬菜等作物。在这方面，沙特阿拉伯的“沙漠农业”开发活动是耐人寻味的。1975 年，沙特仅有 6 000 公顷农田，全国自产小麦不足 3 000 吨；1992 年农田扩大到 248 万公顷，年产小麦 386 万吨，农产品不但实现了自给，还将剩余小麦销往 40 多个国家，成为世界第六小麦出口大国。为了此项计划，1970 年到 1985 年，沙特政府免费分配了 71 万公顷土地，农业银行发放了 10 年到 15 年的无息贷款和接助（25 年内合计 93 亿美元）。仅在 1980～1985 年的农业发展计划中，政府的直接农业预算为 23 亿美元。此外，还有水力资源开发预算 120 亿美元，兴建粮仓 10 亿美元，农业区市政建设款 200 亿美元。农民购买农业机械设备、种子、化肥可得到 50% 的补贴和优惠贷款。1992 年沙特生产了价值 50. 7 亿美元的粮食，每吨小麦的价值为 1300 美元。我们逐月查询了 1993 年芝加哥期货市场的小麦价格，接照最高价计，每吨 149. 6 美元。据报道，沙特阿拉伯在 1980 年的政府政策中规定，农民收获 1 吨小麦，政府提供 1100 美元补贴，难怪此后，不论是皇室成员还是游牧民都开始经营农场，中产阶级也开始购买国有农业公司的股票，从国家补贴中获利。这样沙特小麦产量迅速成倍增长。1983 年沙特政府把小麦的补贴减到每吨 567 美元，但对人民依然有巨大的吸引

力。沙特的沙漠农业是用昂贵的资金换来的，足见其推广范围是很有限的了。

占地球陆地面积 1/3 的干旱荒漠土地，正在吸引人们开发兴趣；处于生态灾难的人们，也亟待解救。近百年来，人们提出了各式各样的计划、构想，在实践中，除了成功之外，总要出现一系列难以逾越的困扰。在回顾了这些之后，我们对钱学森教授所倡导的沙产业理论有了更深刻的认识，它为我们从传统思维的定势中解脱出来，找到了一个很有意义的方向。

利用微藻装置转化太阳能的实践和思考

1991 年 3 月，以沙产业研讨会为开端，我们从已经有基础的防沙、治沙、固沙事业中摆 脱出来，开始了沙产业创建的实践活动。

实现钱学森教授创建沙产业的构想，必须找出高效的太阳能生物转化器。利用这种转化器在人工控制的最佳环境中，进行连续性的工业化生产，以期最充分地转化太阳能。

人类日常生活中消耗的能源（石油、煤炭、薪柴），吃的粮食、水果、菜蔬及肉禽，归根到底，都是通过植物的叶绿体转化的太阳能的不同形态。至今人们还没有发现、发明一种物质或物质系统，依靠它的光化学过程，比绿色植物更灵巧、更有效地把太阳能转化为食物。难怪在 40 年前笔者求学期间，一位德高望重的犹太族植物生理学老教授就组织青年学生，寻找建立“叶绿素工厂”的途径。

传统的种植业，主要利用高等植物以获取食品和能源。干旱荒漠地区特异的自然条件使传统的种植业产生很大的局限性。在荒漠地域条件下，若按大田作物的传统农艺技术，阳光的利用率仅在 1%左右。同时，由于受气温和生长周期的限制和气候要素畸变率大，决定了在荒漠地区单纯依靠高等植物进行光合作用转化太阳能是难以做到高效和持续稳定的。尤其是沙漠地区高光强和

高气温往往同步出现。当气温升高、干旱加强时，植物体关闭气孔，虽有效地减少了蒸腾对水分的消耗，同时也导致了光合作用的降低。而强烈蒸发和高强度的叶面蒸腾把绝大部分水都无效的耗费掉了，能直接参与光合作用制造碳水化合物的水只占作物水消耗总量的 1‰。为此，我们在实践沙产业的过程中，势必就要寻找可以克服上述限制和困扰的生物和技术，作为太阳能转化器。

微藻是地球上最原始的一种单细胞生命体，结构简单，生命周期短。它在适宜的条件出现时，能很快恢复正常的代谢活动，几个小时就可以完成一个生命周期。这种碳型藻类，只要为之创造稳定的生长环境，其光合、呼吸作用的强度可大大超过同等重量的大型高等植物的代谢强度。体大仅几微米的小球藻和长 200～500 微米、宽 5～10 微米的螺旋藻，在人工控制的特定环境中，可以高密度生长。理论上讲，只要条件控制完美 ，其生长速度可以几何级数累加。

微藻是地球上最早出现的自养殖物，也是存活时间最长、分布地域最广的植物，甚至找不到一个天然的水体中不见这种或那种微藻的存在。沙漠中的江河湖盆、盐湖沼泽、临时性积水、居民地和水浇地排放的废弃水聚集地，都有微藻。以色列沙漠中被称为“死海”的水体中，唯一能落户生息的生命体就是微藻。对人类有实用价值的各类微藻尚有待人们去继续寻找、开发、利用，并设法为其创造有利的生存环境。例如，利用阳光能量转化机制和现代温室技术就可打破季节和昼夜温差以及光强变化的种种限制，使微小的生物发挥强大的生命力。人类也将由此摆脱与沙漠、戈壁打交道的种种困境。

因此在实践钱学森教授倡导的沙产业构想中，我们选定微型藻类作为沙漠中丰富的太阳能的转化器，并创建了一种装置，为其提供最优的生长环境。

微型藻类的人工养殖技术，早在本世纪 40 年代欧洲人即着手研究。多年来，在许多国家，已建立了各种不同类型的养殖装置，基本上形成了一种产业，并有产品上市。

在为实践沙产业组建微藻工业化的生产车间之前，我们除了通过文献工作了解国际上的最新进展外，还先后实地考察了非洲、中亚、欧洲、科威特、以色列等地藻类野外生长的条件和人工养殖的技术和装置，搜集了一批藻种，买到了一些上市产品，并在室内做了近 3 年的人工养殖实验，并设计了适应沙漠环境的全封闭管道式养殖装置。1993 年 6 月 19 日中试生产车间正式投产。中试车间是一个面积为 80 平方米的玻璃温室，内部安放了总长 390 米、直径为 5 厘米的玻璃管道。全封闭的管道可防范沙漠地区的风沙和蒸发，又能充分利用太阳能做光源，生产小球藻。一年多来，这套装置正常运转，证明设计思想是合理的。这一装置的特点是：

1. 具有高光合效率（指单位受光面积上转化、固定太阳能的效率比现有的农田高）。例如，我国全国农田大豆平均每公顷年生产蛋白质约为 0.5 吨，而这个车间折合每公顷生产粗蛋白质达 45 吨，高出几十倍。

2. 在工艺上保证了微藻产品的高纯净。我们采用的是封闭管道生物反应器，可避免混入开放池常有的杂藻、杂菌、飞虫，也特别适应多沙尘的环境；料罐及气体交换器均采用不锈钢件，避免了金属对水质的污染和对微藻生产的抑制。

3. 光合产品无废弃物。常规的植物产品都有大量不能为人们食用的部分，例如，小麦的地下根茬平均占 11%；地上部分中，籽实和茎、叶大致相当，各占 50%；籽实中皮壳占 26%。所以，小麦中人们能食用的部分仅占净光合作用产物的 33%。藻类没有根、茎、叶，不存在光合废弃物。小球藻含 18 种氨基酸和各种维生素，被誉为“延展青春的恩赐物”。日本医生认为小球藻可净化血液，清洁血管，治疗多种疾病，除做食品、饵料添加剂、饲料外，还可以作为提取药品和着色剂的工业原料，也可以做美容化妆品的原料。

中试装置正常运转后，我国专利局已接受专利申请。

中试成功使我们更进一步认识到，这是一种可顺应沙漠特点

又避其害的，可充分转化太阳能的有效手段，是一条可借助现代技术建立“顺天时，尽地利”的沙漠绿色产业之路。

沙产业中微藻转化太阳能大型装置的展望

钱学森教授倡导的沙产业所强调的运用全部现代化科学技术包括新的技术革命的成果，不仅技术现代化，而且生产过程要严密组织，实际上是知识密集型的新兴科学技术的集成。只有这样，才能充分利用太阳能，才能克服陈旧的传统技术的各种弊端，才能把自然资源充分利用的目的和环境治理的目标协调一致。

进入世纪之交的今天，新兴技术为发展沙产业提供了广阔美好的前景，使我们有可能设计一系列既开辟利用新能源，又制造食物、碳水化合物工业原料的沙产业技术装置。

80 年代初，前联邦德国的史兰赫博士建成了一座不用燃料的气流电站。电站主体是一个直径 10．3 米、高 200 米的空心圆柱。形似烟囱的圆柱周围地而敷设面积巨大的密封塑料大棚，以吸收阳光，形成比棚外温度高 20℃的热空气。大棚与圆柱连通。由于空气有热升冷降的特性，使塑料棚中大量 30°～50℃的热空气以 20～60 米/秒的速度通过圆柱。气流驱动安装在圆柱底部的气轮发电机发电，据称，发电成本与核电站相接近 。

1992 年，由丹·扎斯拉夫斯基教授主持，以色列计划用 20 亿美元开凿一条连接死海和红海的运河，沿河安置一系列这种气流发电塔。协助设计的纽约西巴比伦“星网”结构公司称，发电塔有可能是一种底部直径 305 米、高 915 米的尖顶塔。海水被水泵抽至塔顶后，用喷头喷下。水滴遇到干热空气后迅即蒸发。下沉的冷却气流用来驱动发电机。这种设备的优点是既可发电，还可伴生淡水。据扎斯拉夫斯基称，电力成本比核电站和火电都便宜。1992 年底，以色列外长佩雷斯透露了这项计划。

1994 年 7 月，英国《新科学家》杂志报道，美国新墨西哥州洛斯阿拉莫斯国家实验室的物理学家普罗艾特设计的气流电站高

180 米，底部直径 200 米，塔体喷射的水滴在蒸发中，使干热空气变冷致密下沉。塔内的装置使这股气流变为 10 米/秒的匀速气流驱动电机发电。普罗艾特估计，一个对流塔每小时吸收空气 1 立方公里，每秒吸收水 1000 公斤。在室温下，每公斤水蒸发时吸热 2．4 兆焦。据此，一个对流塔可产生足够发电 9 兆瓦的气流，去掉了用于水泵等的消耗，净余 6 兆瓦。

引证这些新进展，说明这种气流发电站在技术上、经济上都是可以操作的，而且最适合应用的地区是干旱少雨、阳光充沛的沙漠、戈壁地区。将来，我们把气流电站和微藻生产装置拼接为一个系统，既能解决温室降温的难题，又可为微藻装置提供夜间光源。

风多，是沙漠地区的一大特点。有的地段风力强劲，且方向单一，全年平均风速超过 3 米/秒的时间多达 5000 小时。风能利用的潜力很大。钱学森教授早在 50 年代就提出微风风力电机的设想，现在余新河先生的微风电站已有定型设计，并申请了专利。把风力电站、风力提水装置和微藻生产车间合为一体，就能为微藻生产装置进入沙漠、戈壁的边远地区创造可操作的条件。风力装置和微藻车间合二为一就构成一个全天候、全封闭、高洁净、高效率的生产系统。这个系统可由若干组合单元拼装为一体，充分依赖阳光，顺应沙漠自然特点，又不占据很大的空间。

在西部大沙漠中的古河道内，内陆河两岸和湖泊边缘，洪积扇的前缘，古绿洲的外围，都有埋藏不深的地下水。东部沙地中，丘间低地地下水埋深在 10 米以内。选择这些地区和地段，有可能布设一批这种依靠风力发电、提水，利用地下水资源的微藻生产装置，为沙区人民带来一种新食品和新饲料产业。

我们选择的太阳能转化器虽是一种微小生物，但它与上面两种现代工程技术都能结合。它简单、灵巧，以 0．001 秒的瞬间捕捉到光子后，通过暗反应，把水、阳光、CO_2 加工成各种类别的碳水化合物。渺小的个体，却能快速地增殖，集合成强大的生产力，生产出惊人数量的生物质能。在地质时期，大地历经沧桑巨变，藻

类依靠它极强的应变力存活了下来。神奇的天然生命力使藻类有对环境变化左右逢源的适应力。它还有一种驯顺的素质，可以根据人的需求，改变产出成分的构成。日本人岩本浩明用2公斤藻块蒸馏出1公斤燃油，其中62%是辛烷值为95的汽油，15%为航空油。英国人把微藻制成微藻“露状体”，用来驱动二重燃料发电机组发电。微藻生产中的排放物是氧。除此而外，它不会在生产中制造噪音、烟尘、污水、废物。微藻转化、固定太阳能不要求大的空间，不需要进行补水工程而给地球动“外科手术”，它只是沿着一个明确的方向，把地球一切能量之源——太阳晒在沙漠上的用之不竭的阳光尽量地固定下来，为人类提供氨基酸、维生素、脂肪酸以及新能源。21世纪的沙产业将在利用沙漠资源的同时，使沙漠回复到既不被人工破坏，又不被随意“改造”的原本自然状态。

“微藻+现代技术”的理论和实践已使我们看到了沙产业的远景和曙光。我们期待这一理论和实践的结合终将产生重大意义和价值，以有力地推动沙产业宏伟事业的蓬勃发展。

治用结合，创建沙业和沙产业的意见

郭　普　禹贵民

一、沙漠的现实情况与存在问题

我国的沙漠、戈壁、沙地和沙漠化土地近 23 亿亩，超过全国耕地面积的总和。分布于西北五省、区和内蒙古西部干旱区的占 90%，并绵亘蜿蜒于半干旱区的华北、东北共 11 个省、区，形成万里风沙危害线。在半湿润和湿润区也出现风沙化土地，总计涉及全国 26 个省、市、自治区，有近三分之一的国土面积受到风沙威胁。

我国的沙漠科学研究和治沙造林的生产建设都是解放后于 50 年代从零起步的，40 多年来做了大量卓有成效的工作：积累了丰富的治理沙漠的科技资料和专著论文；取得了推广应用的防沙治沙科技成果；在不同类型沙区建成了一批各具特色的治沙典型示范区。特别是"三北"防护林体系建设工程——"绿色长城"的兴建，效果异常显著，风沙沿线呈现了绿树葱茏、欣欣向荣的新面貌，这一切成就大多在国际上居于领先地位，受到了赞誉。

现在的治沙措施基本上是着眼于因害设防，控制沙漠化。主要在沙漠边缘宜林地营造防风固沙林带和管护封沙封滩育林育草带；在农田里营建护田林网。在风沙"线"上真正下功夫抓上去了，成效卓著。但是，在沙漠戈壁的"面"上存在的许多问题，还没有很好认真研究解决。在沙漠戈壁上天然滋生繁衍灌草植被的地方，超载放牧吃完就走、广种薄收轮歇撂荒、打柴割草、挖药材和乱捕猎等，只是很粗放地掠夺索取而没有投入，更没有种植

繁育、更新扩大沙漠植物和动物的有效措施。众所周知的"滥牧、滥垦、滥樵采，滥用水、土自然资源"等不适当的开发利用，就成为加速沙漠化的强大因素，是在走着"人逼沙进"又"沙逼人退"的恶性循环的路子。当前在局部地方的治沙造林有所进展，而从全局来看，我们还没有从根本上扭转沙漠推进入侵和土地沙漠化不断扩大的被动局面。在一些地区已给人民的生产、生活造成了很大影响和损失。还由于治沙造林事业与沙区群众当前切身利益缺乏紧密结合的经济措施，"治"与"用"的矛盾不时暴露，仍然多处于边治理边破坏、治理速度赶不上沙漠化速度的反复状态。[1]在治沙造林上也存在着没有完全从实际出发，认为只是"刨坑栽树"，有些地方不大尊重科学知识、科技人才和经济规律，往往是指标高、声势大，多年累计成绩确实不小，而结果是低水平的重复劳动，效率很低浪费很大。对沙漠地区的土地、植物等自然资源的权属生产关系、治沙造林的经济体制和运行机制等问题，尚未完全列入各级领导的议事日程，研究解决的方式方法。这些情况都是在治理沙漠和开发利用沙漠生物资源上所面临的严峻现实。

世界上的任何事物，没有"止于至善"的完美境界，不能满足和迁就粉饰现状，抱残守缺，固步自封，孤芳自赏，因循坐误；也没有"束手无策"的穷途末路；更不能怨天尤人，悲观颓废，畏难却步，作茧自缚，望"沙"兴叹。总要有所创新，有所前进，对于沙漠戈壁不应该总是抱着老看法"没治"，治沙造林更不能满足于老作法"行了"。应该承认现行办法解决不了出现于沙漠地区的许多新、老问题。[2]如果不改革开放，求实创新，保护和改善沙漠生态环境、合理开发利用沙漠植物和动物资源、防治沙漠化和缓解环境危机的良好愿望和长远目的就落实不到大漠上。

二、创建沙产业的依据和可行性

创建发展沙业与沙产业的主要依据有二：

一是依据现代科学技术。高度发展的现代科学技术，尤其是生物科学技术的飞跃发展和国内外沙漠科学和治沙造林的科技成果以及结合我国沙漠实况的深 化应用，是创建“知识密集沙产业”的理论基础和科学依据。

二是依据千百年来的实践经验。广大群众和科技工作者，千百年来在沙漠地区从事生产活动所发现创新的科技成就，积累的丰富实践经验，早就广泛流传应用于民间，散见于地方文献，总结验证，提高升华，向科学化、产业化和商品化发展，是创立“农业型沙业和沙产业”的“资料库”和“营养源”。

我们具有中国特色的优越社会主义制度和各项优惠政策，更是现代化建设事业能够成功发展的根本保证。

著名科学家钱学森教授从 1984 年以来，先后发表《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》、《发展沙产业大有可为》、《迎接第六次产业革命——钱学森关于发展农村经济的两封信》和《建立沙业的思考——钱学森致刘恕信件摘录》等一系列科学设想和倡议，在中外学术领域和社会经济结构的变革发展上，首次提出了“第六次产业革命”。把“沙漠”与“农、林、草、海”并列，纳入“第六次产业革命”的主战场，彻彻底底改变了对沙漠戈壁的认识和态度，真是震古烁今，新人耳目，发人深思，促人奋进。钱学森教授致田纪云副总理的信中说：“我们正面临着一场 新的产业革命、21 世纪初的产业革命。产业革命是生产技术引起的生产力大发展，从而引起经济结构的大变化，最后导致社会结构的飞跃。我们要在总结历史经验的基础上，有远见之明，看到 21 世纪，看到建党 100 周年！所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展，看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命。我们要为在社会主义中国搞第六次产业革命作准备”，“第六次产业革命的主战场不是在比较富裕的大城市，而是在比较贫困的田野、山林、草原、海疆和沙漠，而且发展这种知识密集产业是要大量投入的。”“我们的林产业、草产业、海产业 和沙产业要赶上农业，即农产业。农是走在前面的，现在国

家已有一整套方针政策和实际制度，可以在本世纪末使农村达到小康水平。林、草、海、沙要加快发展。”[3]

钱学森教授关于沙漠戈壁和沙业、沙产业的论断主要是：“沙漠戈壁是跟全国农田面积一样大的土地资源。沙漠戈壁并非一片荒漠的不毛之地，有很多其他地方不易看到的植物和动物。比如梭梭树根，据说烧起来火力很旺，比煤还好；在戈壁滩上可挖甘草、名贵的中药肉苁蓉等。目前人们在沙漠戈壁只是采集特产的中药材等，但也只采集而不种植。作为‘沙产业’就应该改变为既采集又种植，提高质量。在占国土面积1/6的沙漠戈壁上原来可以搞一些事业，发展沙产业大有可为，人民创造财富。召开沙产业研讨会在中国是第一次，在全世界也可能是第一次。沙产业咱们中国人能不能带个头呀？我看一定会成功的。”“现在林业的形势落后于农业，尚在探索最适当的生产关系。生产关系和生产体制问题解决了之后，就要解决林业生产的生产组织和生产技术。县和县以下的生产组织和分工究竟如何构筑为好，就需要从实践中摸索，逐步弄清楚。”[4]“知识密集的林产业是高度综合的，不是目前的农、林、牧、副、渔中的林业。林业产业不能局限于森林生态的概念，它远远超出生态学的范畴，它包括许多工业项目，更不能忽视林产化学工业这一林产业的重要部门。知识密集型的林产业能够大幅度地提高林业的生产力。”[5]“对沙产业我们现在只是做初步探索工作，包括：1. 从地理科学明确治沙的范围；2. 通过试点，建立沙区植物、动物繁殖加工事业；3. 引入生物技术，做些试验。[6]

“沙产业”的概念及其内涵是钱学森教授于1984年首先创新提出来的，嗣后作了多次论述，并于1991年3月率先倡议并参加“沙产业研讨会”，作了《发展沙产业大有可为》的讲话。在《沙产业专辑》中有关领导和学者专家也发表了不少有远虑卓识的说论。1992年8月成立了“中国治沙暨沙业学会”。《人民日报》1993年2月17日《治沙工程与沙业展望》专栏的编者按指出：“钱学森作为科学学的创立者，高瞻远瞩地提出了一系列向自然界新领

域进军的设想，包括建立林产业、草产业、海产业和沙产业。随着现代科学技术的发展，不但已经有可能以更有效的手段治理沙漠化，而且可以对不能治理的沙漠作生产性开发利用。这就是钱学森同志提出建立沙产业这一科学思想的精髓。”关于“沙产业”的一系列精辟论述，都是在过去的书本文件和专著论文中没有见过的新论点，却是适应今天新时代革故鼎新深化改革的科学倡议。

“农业型的知识密集沙业和沙产业”是“农业型的知识密集产业”的一个子系统。在沙漠戈壁上要创新立业，要同“农、林、草、海”四类产业并驾齐驱，既没有啥基础，又没有现成活可干，真是要万丈高楼从地起。但也不是“海市蜃楼”白手起家，而是立足于人口多、耕地不足和保护环境的基本国情和全世界环境与发展的大趋势。从沙漠戈壁的现实情况和存在问题出发，是符合于我国沙区广大群众长期实践经验而提出的重大科学战略。

沙漠戈壁上天然分布的种子植物和藻菌类低等植物约在2000种以上，大都其貌不扬，良莠不齐，却是在严酷环境经过长期自然筛选而幸存的优胜者。很多沙漠动物如黄羊、艾虎、沙鸡、沙狐、沙猞猁和誉称“沙漠之舟”的骆驼等都是适宜于在沙漠地区繁殖发展、经济效益高，又都是各具特色的沙漠生物资源，也有不少珍稀和特有物种，在生物遗传工程上被视为天然基因库，又是蕴蓄多种潜在功能的生物宝藏。众多沙漠植物、动物经过当地群众长期观察摸索，陆续发现其食用、药用、油用、特用、饲料燃料和工业用等多种经济价值，也创造出不少难能可贵的开发利用窍门。迄今沿袭采用而没有大的改进提高，甚至抱残守缺，仍然看作天然财富和丰富资源，炫耀宣传，向沙漠掠夺索取，还在剜肉医疮。实例很多：天然分布于河西沙区的蓝绿藻类“头发菜”（发菜谐音发财），早在三百多年前清初诗人李渔（1611—1680）从河西带到江南待客时，俨然乱发一束，无不奇之，而其可口倍子藕丝、鹿角等菜。此物产于河西，得至江南，亦千载一时之幸也（李渔《闲情偶寄·饮馔部》）。直到19世纪中叶，国外才有专家在北美发现“发菜”。现在已是畅销国内外的珍稀商品。

在山丹县1992年采集发菜40吨，收入800万元，农民人均靠发菜增收50元，“发菜”给山丹人带来了“发财”的机会（《甘肃日报》1993年1月4日4版）。誉称为“药王”的常用中药材甘草，又是食品、轻工原料，用途很广，都是挖取野生甘草供应市场。据专家推断，“三北”地区野生甘草资源的蕴藏量已不及50年代的五分之一。河西走廊是甘草主要产地之一。在安西县1992年大批农民和城镇无业入员，涌向草原，挖甘草像翻地一样，甚至驾驶拖拉机犁翻甘草，连其他植被也斩草除根，使大片大片草地变成了不毛之地。许多农民又把“致富”的眼光盯在“挖甘草”上（《甘肃日报》1992年5月19日4版）。清乾隆十四年（1749年）《五凉考治全志》载：“梭梭生南北山沙中。苁蓉伏于地中，梭梭柴根所发，春秋时产者佳。”现在河西走廊沙区天然梭梭林和肉苁蓉几近灭绝。在内蒙古阿拉善盟解放初有誉称“荒漠植被之王”的梭梭林1735万多亩，现在只剩700万亩，寄生于梭梭根上叫“沙漠人参”的肉苁蓉产量由50年代的40万公斤，减少到20万公斤。国内外需求量大，现年收购10万公斤，出口仅2万公斤。[7]还有地方记载的“锁阳、三九产者佳，和面作饼，味甘可食，入春尚可用，入夏则取以饲豕，质老而味苦也，盛夏则枯。芨芨柴（即白刺）所发，发出地当冬而不冻。”真菌类的“桦菇、冬月，桦柴（即花棒）根下采之，味佳。”藻类的“地软、一名地卷皮，形味似木耳，和肉食”等。这些天然散生于沙荒旷野很不起眼的藻菌类和灌木根上的寄生植物，早在三百多年前那样的历史条件下，我们的先人就能发现创新开发利用并有较详确的文献记叙流传下来。可是，到了科学技术高度发达的今天，我们对这些沙漠植物并没有更深入的认识和发展，还在“靠天吃现成饭”而不会种植，至于有经济价值早被群众钻研探索、发现利用的沙漠植物和动物，仅在河西走廊沙区见载于《五凉考治全志》和各县志以及诗文杂记的约在百种以上。现在是越来越少了，曾经“以网罗之，车载而鬻”的沙鸡，残剩者寥寥可数，还有些是在苟延残喘或者几近灭绝。这类情况固然也有历史的自然的因素，但起决定

作用的应该是今天的人为因素，直到现在沙区群众甚至个别领导者也许还认为从老几辈人到如今天沙漠里仍有“油水”可捞，“扒发菜、挖甘草”发财致富，立见功效。作为产品，丰歉由天定；作为商品，供销听自然。这种局面绝不应该也不能够听其自然演变，长久维持下去。道理不必多说，关键是墨守成规，积重难返，改弦易辙，难度很大。可是，创建发展“农业型知识密集的沙业和沙产业”真正是面对沙漠戈壁的实际情况、面向未来、对症下药的正确的科学倡议和决策，在科学技术上也是完全可行的。

近年来国内外科技工作者大都认为在气候干燥、水资源匮乏的干旱、半干旱沙漠地区，不宜于大面积发展蒸腾作用旺盛的乔木和需水量大的植物，应该发展耐干旱、耗水少、挡沙固沙功能强的草本和灌木，要灌草结合以灌为主。[8]这样既解决大面积防沙固沙问题，又能稳定地下水位。在治沙问题上，注意力不能只限于植物，还应该注意动物。[9]据在民勤沙区观测研究：花棒、毛条、白刺、梭梭、沙拐枣等耐旱灌木与耐旱乔木沙枣的对比，这些耐旱灌木的蒸腾耗水比耐旱乔木沙枣约可节省5～10倍。[10]因此，在年降水量100～200毫米左右的河西走廊沙区，发展有经济价值的灌木、草木和藻菌类，集约经营，产后加工，采用高新技术，扩大沙漠植被覆盖度，并开辟有利可图的新财源和新门路，在沙漠里可收到经济和生态效益两全的良好效果。

创建发展农业型知识密集的沙业和沙产业，就是要充分利用沙漠地区优越的光、热等气候资源和宽广的沙漠戈壁和沙地等土地资源。要运用高新技术比如当前能做到的测定土壤水分、肥力，按需供水、集水和覆盖补墒保墒，配方施肥，施稀土微肥、菌根菌等土壤微生物等，多方面改造沙漠戈壁提高其土地生产力，使其更适宜于沙生旱生植物的生长发育。要运用现代生物科学技术改良沙生植物和沙漠动物使其更能适应严酷环境，完成其生命活动，满足人类社会需要。现代生物遗传工程已经并继续在破译生命的“密码”，打开了认识生物奥秘的窍门，提供了改造改良植物的秘诀，为人们随心所欲地塑造植物和动物良种找到了行之有效

的新门路，这是人们认识客观世界的一次飞跃性的科学革命。因此，我们的见解和体会是：

“沙业”就是种植、改良发展能适应沙漠环境又有经济价值的沙生旱生植物，特别是沙生经济灌木、特产药材和藻菌类及其他沙漠特产品的“种植业”、发展改良豢养沙漠动物的“养殖业”和以“沙漠之舟”骆驼为主的放牧业。

“沙产业”就是要把种植收获的植物性产品和养殖放牧获得的动物性产品，进行产后加工，综合利用，不仅是原料的生产者，而是“商品”的生产经营者，要达到产业化、企业化、商品化和国际化，进人世界大市场。

创建发展“农业型知识密集的沙业和沙产业”就是发展沙生植物的“种植业”和沙漠动物的“养殖业”及其派生的加工产业，即创建发展沙漠生物的“种、养、加”事业。正是钱学森教授提出的“建立沙区植物、动物的繁殖加工事业；引人生物技术，做出试验。”这就要落实到沙漠戈壁上，开展试验闯开新路。

三、沙产业试验区要落实到沙漠里

“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”（《毛泽东选集》）

邓小平同志南巡讲话指出：“不搞争论，是我的一大发明。不争论是为了争取时间干。一争论就复杂了，把时间争掉了，什么也干不成。不争论，大胆地试，大胆闯。”[11]

现代科学技术的发展已经进入征服宇宙空间的时代，征服沙漠要比征服宇宙容易。[12]

河西走廊是腾格里、巴丹吉林、库姆塔格三大沙漠与蒙新、青藏、黄土三大高原的交汇地带，在全国沙漠地区具有典型代表性。甘肃境内的沙漠戈壁和沙漠化土地2.14多亿亩，基本上分布于河西地区。[13]河西走廊是纳入国家计划的商品粮基地，又居于丝

绸之路和亚欧大陆桥的要冲。总土地面积4.1亿多亩，其中：祁连山阿尔金山的山体面积约1亿多亩，从东到西的18块沙漠绿洲面积仅约3千万亩（内有耕地约1500万亩），全被约2.7亿多亩的沙漠戈壁和盐质土质荒漠所分隔和包围。[14]如果注意力集中于3千万亩的绿洲农田，而对于1亿多亩的山地和2.7亿多亩的沙漠戈壁等荒漠地带缺乏合理的足够的重视，贻患会越来越大，确非长治久安之道。

回顾河西走廊40多年来的治沙造林事业：50年代是研究推广种植木本粮食树——沙枣；60年代是研究推广种植梭梭、毛条、花棒、柽柳、沙拐枣等防风固沙灌木；70年代是研究推广种植多种杨树良种等速生丰产用材树；80年代是研究推广种植苹果、梨、红枣、葡萄、桃、杏等果木经济树。由于领导上的决策和决心，广大群众、科技人员及各级干部的热情和干劲，河西走廊呈现了绿树浓荫、林茂粮丰、六畜兴旺、蓬勃发展的新气象。过去在沙漠戈壁的开发利用上还没有狠下功夫。根据河西走廊的地理位置、历史条件，治沙基础和现实需要，进入90年代的治沙事业，就要解放思想，更新观念，拓宽领域，改革开放，在沙漠里下大功夫创新立业。大干不可能，条件也不成熟。率先在这个很少人问津的领域，创建“河西走廊沙业和沙产业试验区”，加强领导，协作配套，真抓实干，试验研究，是能够搞出个“沙业和沙产业”的小样板，总结经验，示范推广，为进入21世纪在社会主义中国开展“农业型的知识密集产业”的第六次产业革命，在“沙业和沙产业”上先开个头。

“要想改革哪个地方，就必须与当地群众的切身利益结合起来，这样才能调动人的积极性。正如董智勇同志讲的，这不单是一个自然科学问题，也必须和社会科学结合起来。”[15]历史和现实证明：沙漠化固然有自然因素，而起决定作用的主要是农牧民不合理的经济生产活动等人为因素。要治理沙漠和开发利用沙漠生物资源，必须密切结合当地群众利益，真正做到“管、建、用”与“责、权、利”在政策上要落实，长期不变；在经济上要扶持，发

展企业；在科技上要指导，改革提高；在思想上要通过实践“换脑筋”，长期生活在沙区的农牧民能尝到甜头，看到奔头，才有劲头。要通过经济措施，组织和依靠当地农牧民特别是能安家立业于沙区的回乡知识青年，再加上三令五申的行政措施和宣传教育，才能在沙漠戈壁上踏出条新路来。

我们的见解是：要以科研为先导，组织协作，首先开发研制出具有沙漠特色的新产品、新商品，为当地群众开辟生财新门路。要以企业为据点和杠杆，组织和依靠沙区群众，协调沙漠资源的开发与建设，用经济手段扩大和改良有经济价值可供加工利用的沙生植物和人工繁育沙漠动物。要以社会主义大协作、加强纵向和横向联系、组织多部门多学科多专业协力配套完成任务为保障；以经济措施为网络，贯穿于沙漠植物和动物的管护、繁育、采购、加工、销售等各个环节，要研究适于发展“知识密集的沙业和沙产业”加速产业化、商品化的新型经济实体及其运行机制。并在沙漠地区的土地、植物等自然资源的权属、生产体制和组织依靠群众培养沙区青年科技人才等方面摸索经验。贵在综合，重在协作，面向市场，开拓前进。

“任何一项治理沙漠的措施都是人——社会——自然多维系统相互关联的体现，都是十分复杂的，须要谨慎从事和不断总结认识。就是因为人们认识世界是一个无穷无尽的过程，而客观世界又是不以人们意志为转移的客观存在，人们要完善自己的认识就只有通过实践来逐步完成。不能满足成绩而固步自封，要有新的思想、新的技术、新的观念，我们都觉得钱学森教授提出的‘沙产业’概念对于沙区的开发利用来说，提出了一个新思路和方向”[16]。

创建发展“农业型知识密集的沙业和沙产业”，在全国和全世界都是没有前例的新事。甘肃在开发“沙产业”上有些好苗头，正在开发沙樱桃等具有沙漠特色的新产品、新商品。加强组织领导，创建科技先导型的“沙产业企业”，外引内联，坚持不懈，治用结合，真抓实干，总会有新的成果出现在瀚海里。登高自卑，行远自

迹，千里之行，始于足下。“做别人没有做过的事情，往往事先没有把握。实践是检验真理的唯一标准。应该做的但又没有把握的事情，不是不干，而是要大胆地进行试验。[17]为此，根据河西走廊沙区现实情况、有利条件和可能性。我们考虑从下述能早见成效的具体事业入手干起。

（1）在山丹县创建“河西走廊农业型知识密集的沙业和沙产业试验区”：国际友人路易·艾黎博士倡导于1987年重建的“山丹培黎农林牧学校”是按照艾黎博士“手脑并用、创造分析、半工半读、理论联系实际，教学、生产、技术推广相结合的教学原则，培养具有解决实际问题能力，能吃苦耐劳，敢于实践，勇于创造，立志扎根农村的初中级建设人才”的半工半读职业技术学校，现有农学、园艺、畜牧三个专业。依托山丹培黎农林牧学校，在山丹县建立“河西走廊农业型知识密集的沙业和沙产业试验区”（简称：河西走廊沙业和沙产业试验区）。组织和依靠农、林、牧各专业师生和沙区群众以及回乡知识青年扎根沙漠现场研究：职业技术教育、治沙造林科学研究、沙生植物种植业与沙漠动物养殖业及其派生的加工业与沙区群众以及乡镇企业配套发展，综合利用沙漠生物资源并密切结合群众利益的新途径，即教育、科研、生产、加工、销售协力配套的沙产业运行机制。具体作法的设想是：在当地党政领导下，选定几个沙区乡，依法划定沙漠土地、植物和草场等自然资源的权属界限，长期归乡村集体管护经营使用。再分别按现有条件与发展前景制定发展几个乡的沙区农、林、牧、副和沙业及沙产业的十年规划与五年实施计划。当前从三、五年见成效的专项业务先开头：①建立沙业试验田：在有关专家指导下，由农专业的师生与农民组成，沙米、沙葱、沙芥、黄参等种植一、二年生沙生植物的“沙业试验田”。种植沙蒿、花棒、毛条、骆驼刺、白刺、黄刺、梭梭等灌木与芨芨草、三芒草、沙竹子、花花柴等多年生草本的“沙业试验田”；结合营造灌、草、花搭配的沙区绿化防护带。分别建立有相当面积的“沙业试验田”。都可在三、五年内获得收益。②培育沙漠花卉：由园艺专业

师生引种培育沙漠花卉 10～30 种，选育出能在三、五年内上市场的 5～10 种。③人工繁育沙鸡、艾虎（沙漠鸟兽）的试验点：由畜牧专业师生及有关专家、牧民能人组成专题组五年内上市场见收益。④营造梭梭林，开展以引进白骆驼为主的放牧骆驼试验点，由畜牧专业师生与有关专家组成专题组。

组建“艾黎——张心一林草工艺品研制厂”，为了纪念艾黎、张心一两位异国同龄老人创办培黎学校的业绩，甘肃省林业厅扶持在山丹培校组建“艾黎——张心一林草工艺品研制厂”，组织学生、家属及城乡闲散劳动力研制生产“香柳珠帘、沙枣提包、沙枣和沙生植物种实镶嵌画以及草编等实用工艺品，增添学校和沙产业的专业项目。

（2）组建“中国河西走廊沙产业研究所”：事在人为，业要人创。没有能干肯干的人，雄心壮志只能落实到纸上。我们近几年开发白刺资源等，曾在省内外联系志趣相同、有事业心的退离休和能兼职的高、中级科技人员来完成任务，此举看来是行得通的。为此，我们打算联络有事业心、有共识的专业科技人员组建民办的“中国河西走廊沙产业研究所”，依法申报登记后开展工作。

《中共中央关于进一步加强农业和农村工作的决定》明确指出：“有关部门应重视基础研究和应用研究，力求与开发研究、技术推广相结合，按照常规农业技术与现代生物技术结合发展的要求，统筹规划，组织重大项目的联合攻关，尽快推出一批突破性的科研成果。”[18] 我们拟在省治沙所的基础上组织联合有关单位联合攻关，尽快推出突破性科研成果的沙产业专题有：①沙米种植技术，生化分析及新食品研究；②沙蒿和沙蒿油的综合利用及新食品研究；③白刺种子油的综合利用研究；④白刺良种选育、组培繁育与建立良种园的研究；⑤花棒、沙芥、毛条、沙枣的种实利用研究；⑥人工繁育沙鸡（肉用）、艾虎（皮用）的专题研究。这 6 个专项研究，快的三年可见成效投产，慢的五年见成效投产，基本上是国内外首创为发展沙产业“开路加油”的开发应用课题，沙产业研究所挂靠甘肃省林业厅，在兰州主要同兰州大学生物系、

化学系，西北师范大学生物系、植物研究所，甘肃农业大学林学系、草原系、畜牧系及中国科学院沙漠研究所等建立协作关系，利用其现有设备开展研究；在河西走廊主要在山丹培校扎根，密切结合，建立沙业与沙产业试验基地；在武威地区与凉州野果食品厂、濒危野生动物繁育中心、甘肃省治沙研究所、民勤治沙综合试验站协作，分别建立沙产业专题试验点，在武威东沙窝、民勤西沙窝建成“知识密集的沙业和沙产业试验点”。在酒泉地区建立沙业和沙产业联系试验点。

报请中国科协、林业部、国务院三西建设领导小组申请纳入全国计划，能予安排50～100万元的“沙业和沙产业科学研究基金”，以利于在沙漠戈壁开展“知识密集的沙业和沙产业”的试验研究工作。

（3）组建“河西走廊沙产业开发有限公司”。依法组建投资、集资和引进外资相结合的股份制沙产业开发公司，理顺关系，自主经营，加强领导，明确业务，扎根沙漠，以开发利用沙漠植物、动物资源为宗旨，以发展“农业型知识密集的沙业和沙产业”为目的。制定10年规划与近5年实施计划。当前重点业务是磋商调整扩大“野果食品厂”与建立“沙业和沙产业试验点、试验区”的业务。申请和联系林业部和中国科协的开发公司以及省上有关公司投资100万元，单位和个人集资50万元，再通过多种渠道引进外资技术，真正办成在国内和全世界领先的“沙产业开发公司”。

（4）调整扩大“甘肃凉州野果食品厂”。武威市在甘肃省林业厅扶持下创建开发沙漠灌木白刺浆果沙樱桃为主的“凉州野果食品厂”初具规模，效益很好。“黄羊牌沙樱桃汁”曾获全国优质保健产品银奖、首届中国饮料节最受消费者欢迎的饮料证书及甘肃省优秀新产品新技术优良奖等。生产企业：甘肃凉州野果食品厂（序号：4098）厂长：杨根胜。”均已编入《中国名优新特产品精选》。“白刺资源开发利用可行性研究”的科技成果和“白刺开发利用技术”已被分别编进《中国实用科技成果大辞典》和《水土保持经济植物实用技术指南》，有关白刺开发的三篇论文摘要已被

翻译介绍到许多国家并编入联合国粮农组织的农业索引。中央电视台播放了“白刺资源开发，前景广阔”的录像片。白刺开发在国内外均属首创，已有所影响，潜力很大。如果不扶持发展，这棵新生嫩苗难以成长。目前野果食品厂的体制和规模等都难以适应发展形势和承担发展沙产业作个“科技先导型专业化小厂”的任务。要跟上新形势，改革扩大。沙产业公司与武威市协商依法商订联营办法。公司要向厂投资，在厂内增建“沙樱桃汁浓缩车间”和“油脂加工车间”，并向北京及东南沿海大城市联系沙樱桃浓缩汁就地配制罐装销售点，疏通渠道，扩大营业范围，反馈信息，改进提高。并尽快投资研制沙蒿柔韧保健挂面、方便面和沙米等新食品投放市场，增添新特产品，进而协作研制白刺油、沙蒿油、花棒油等的药品、保健多功能食品、食品添加剂及化妆品等高档新商品。这项联营及林草工艺品的经销各纳入沙产业开发公司的重点业务，抓好两个厂，打好基础，可早获收益。

钱学森教授致田纪云副总理信中说:“没有领导来组织是不行的，而这必须是高层次的领导，因为这项工作超出全国性统一安排下达的任务。”并建议天津大邱庄、江苏华西村、河南刘庄三个地方开展第六次产业革命的试点。《解放日报》载：江苏省江阴市华西村将成为进行第六次产业革命的试点单位。据悉，这种知识密集型产业需要大量投入。国务院领导表示从农业综合开发资金中给予扶持。穷困的沙漠地区不可能达到这三个地方的富裕水平。进行知识密集的沙业和沙产业的探索研究要笨鸟先飞、慢车先行早起步，如前所述，河西走廊具备起步的有利条件和较好苗头。抓紧机遇，报请省上和中央有关部门给予扶持早日登程迈进，开辟道路。

参 考 文 献

1. 陈俊生．动员起来，向沙漠进军——在全国治沙会议的讲话，1991年7月29日．全国治沙工作会议文集．北京：中国林业出版社，1992，3～13.

2. 石山. 关于建设沙产业的思考，沙产业专辑. 北京：中国科学技术出版社 1991，11～13.

3. 4. 5. 钱学森. 创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业，农业现代化探讨，1984 (36). 中国科学院农业研究委员会. 发展沙产业大有可为——在沙产业研讨会上的讲话，沙产业专辑，4～5. 建立沙产业的思考——钱学森致刘恕信件摘录，人民日报 1993-2-17 治沙工程与沙业展望专栏. 迎接第六次产业革命——钱学森关于发展农村经济的两封信，光明日报 1993-2-19 (3).

5. 钱学森. 钱学森教授谈知识密集型林产业. 张嘉宾著，森林生态经济学. 昆明：云南人民出版社，1986，385～387.

7. 杨力生，陈玉林. 沙漠瑰宝梭梭开发利用途径——肉苁蓉人工培育. 沙地开发利用国际学术研讨会和全国治沙暨沙业学会成立大会论文，1992.

8. 刘媖心. 固沙植物种的选择及其生物学、生态学特征性. 国家农委区划办沙漠化讲习班讲稿.

9. 甘肃省畜牧厅文件. 澳大利亚客人对发展我省农牧业的十五条建议. 1981-10-8.

10. 施及人，郭普. 河西走廊沙区防护林体系建设与水分平衡的探讨，1979 年三北防护林体系建设学术讨论会文集. 中国林学会编印. 1980，151～152.

11. 邓小平. 邓小平说：要抓住机会，炎黄春秋. 1993-3-11. 总第 12 期.

12. 李滨生. 治沙造林学. 北京林业大学编印，1988，3.

13. 甘肃省林业厅. 关于全省治沙工作的意见. 甘肃省治沙工作研讨会专集，1989—9.

14. 冯绳武. 甘肃地理概况. 兰州：甘肃教育出版社. 1989，236～250.

15. 马玉槐. 试论在治理沙漠中建设沙产业的可行性，沙产业专辑，14～15.

16. 刘恕. 促进沙产业的建立和发展，沙产业专辑. 6～7.

17. 人民日报. 社论：改革的胆子再大一点，1992-2-24.

18. 中共中央文件：中共中央关于进一步加强农业和农村工作的决定 (十六)，1991-12.

沙产业起步策略议

詹 昭 宁

(林业部资源司)

钱学森教授提出沙产业理论10年了。自1993年3月沙产业研讨会后，建立沙产业的学术活动和开发实践十分活跃。成立了中国治沙暨沙业学会，建立了一批示范点，解决了部分启动资金和贴息贷款等等。尽管这几年建立沙产业的理论和实践的步伐比过去大，但仍处于启蒙阶段。这里就沙产业起步的有关问题，谈谈个人看法。

一、明 确 方 向

沙产业的概念和界定，是农业型的知识密集产业系统中的一个子系统，它既象传统种植业那样，是以太阳能为直接能源，靠植物的光合作用来进行产品生产的体系，同时充分利用生物资源和现代化科学技术成果。知识密集型农业的产业分类：农业、林业、草业、海业和沙业（据“沙产业”研讨会记要）。这5个子系统中的知识密集型的农产业和知识密集型的沙产业的区别，在于后者的地理位置是在沙区（以沙漠、荒漠、沙漠化地区为主，或者还包括沿海沙地、沿江沙地）。沙产业并不包括沙区的石油业、建材业、煤炭业、化工业等产业。当前传统的防沙、治沙，以及沙区传统的沙生生物产品的开发，严格地说也不就是沙产业，只能是沙产业的一个前置阶段。作为产业，应该是市场经济的一部分，其产品应进入市场，并具有高产值。

二、经 济 依 托

纵观党的十一届三中全会以来，农村经济的飞速发展，农民生活普遍改善，为传统农业提供了粮食不断增产的保障；但更受益于乡镇企业的迅猛发展。而乡镇企业发展提供了就业机会，也提供了农村发展的资金，为高科技生产技术提供阵地。沙产业的建立与发展，由于自然环境的严酷，必然是任重而道远。建国40多年来，政府和沙区人民投入大量的人力、财力防沙、治沙，取得了举世瞩目的成就。但和浩瀚的沙漠面积以及环境恶化导致的沙漠化土地相比，防沙、治沙的投入仍然是力不从心。沙产业的发展必然受资金、人力、科技和政策等方面的制约。可以预见，知识密集型的技术出现，由于受市场经济的影响，必然先向传统的农业领域渗透，然后流向牧业、林业，再流向沙业。国家在加速重点工程建设的同时，还要解决贫困地区8千万人口的温饱问题，客观上不可能为沙产业注人很多的启动资金。受乡镇企业成为农村经济发展的依托，也是未来知识密集型农业的经济基础的启示，就需要我们考虑为发展沙产业寻求经济依托和基础。

三、寻 求 突 破 口

沙产业的发展必将改善沙区的环境，同时又能创造出高的产值来。沙产业和沙区的石油业、建材业、煤炭业和化工业的发展是相辅相成的。对于发展沙产业有两种意见，这就是是否作为区域经济来发展。若是从部门经济来看，自然不会同意作为区域经济来开发。若是从区域经济的角度来看，在区域内便于进行协调。比如，在筹备三峡工程开发时，也曾考虑设置三峡省进行区域内的领导协调。目前，因管理体制的原因不适合对沙区实行区域性经济开发，但为了在沙区内进行石油、建材、煤炭、化工等开发不致于进一步恶化本来已十分脆弱的环境，要求配合进行低水平

的防沙、治沙工程，或高瞻远瞩地进行高水平的沙产业的协调发展。主要是设想从其他产业提出一部分资金进行环境建设。要做到这一步需要解放思想，转变观念，从而进一步通过立法来解决。中东一些国家，从高额的石油收入中，抽出巨大的资金，淡化海水，采用滴灌技术，植树并铺设草坪，改善环境，形成一方绿洲。发展利用人工气候室，即所谓石油农业，种植蔬菜、花卉，远销欧洲市场，从而促进了整个经济的发展。这说明国家协调各业发展的重要性。其实，说到底是各方利益分配的问题。因此，应由国家来协调解决各方长期和短期利益的分配。开展沙产业建设一个可选择的方案，就是选择当前大型的石油、煤炭、化工基地作为突破口，和解决环境问题挂上钩，树立产业间协调发展的样板，塑造一个沙产业的雏型，展示于世人面前。

四、靠集团公司起步

资金、科学技术（包括信息）、人才、资源和科学管理是发展沙产业的重要因素。制定合理的政策是调动人才积极性的关键。在艰苦严酷环境中劳作，理应有较高的报酬。在当前的管理体制下，作为事业单位依靠国家拨款是无法维持的。设想成立沙产业集团公司搞科研、开发、生产、贸易一条龙。搞实体宜获得经营、人事、财物自主权以及外贸权等；易于实施滚动开发和吸引人才。

五、实施绿洲工程

40 多年来，在防沙、治沙等科研方面，有许多点值得注意。通过基金会的扶持，把这些点向沙产业转化，改变单纯科研和传统防沙、治沙及传统种植的面貌，注入高科技，实行高投入高产出，向沙产业内涵的标准进军。实行为期 50 年的“绿洲计划”或“绿洲工程计划”。为了积累资金的需要，要实行科、工、贸、产、供、销一条龙，实行短、中、长期效益结合。同时辅以乡镇企业式的

开发，跨行业开发经营。为此，全国沙产业应有一个实体，便于宏观决策和调控；做到合理布局，实行墨渍战术，逐步扩大沙产业的面；采集信息，以利于产品开发。既然是作为产业，要求必须盈利，通过到市场中去求发展，求壮大，待有了雄厚的经济实力，“绿洲计划”将日益辉煌。

生态控制系统工程学　导论

——兼作学习“农业系统工程”和“沙产业”理论的体会

关 君 蔚

（北京林业大学）

一、背　景

我国西倚欧亚大陆中心，东南沿海，在大陆性和东亚季风气候的控制下发生干旱、季节性干旱和土壤水分亏缺等，淡水资源的不足是涉及全国的突出问题。

国土陆地总面积约960万平方公里，承载着12亿人口，人均仅占有土地0．8公顷。崎岖不平，被切割破碎的高原和山地丘陵占60%以上，极端干旱的戈壁和沙漠约占10%；而赖以生产粮、棉的耕地，也只占10%，按人平均仅有0．08公顷（1．2亩）。

我国有着悠久的文化历史，但在新中国成立前夕，和世界上其他古老的国家相似，干旱风沙，盐碱沥涝，冰雹霜冻，即沙漠化（desertification）和荒山秃岭，干沟万壑，水土流失，生态灾难严重，满目一片荒凉景象。这是旧社会留给我们的惨痛遗产！

新中国成立后，虽也几经曲折和困惑，但实践证明，我们在只占世界陆地面积的7．1%，即960万平方公里的国土上，承载着占全球总人口21．8%，即12亿人已经取得了“温饱”，正向“小康”迈进。虽已受到举世瞩目，但“积重难返”，经济基础仍未脱离发展中国家的行列。根据总设计师的要求，2000年要实现

"小康"，2050年希望达到经济发达国家的中等水平。农业是国家建设和人民生活的基础，其关键是7～8亿在可见的未来，尚不能"离土离乡"的农民，尤其是"老、少、边、穷"，也恰是"生态脆弱"，荒漠化，水土流产，自然灾害频繁发生，生物生产事业难于稳定的地区。

1993年召开的"世界环境发展大会"，就"持续发展(Sustianable development)"取得了共识，但其实现，虽因各国具体条件不同，但都有这样或那样困难，其中发展中国家就更为突出。而在我国，势必导致要在旧社会留给新中国的惨痛遗产——疮痍满目，灾害频繁，960万平方公里的国土上，不仅要把河山装成锦绣，还要在2050年前使我国的经济基础赶上中等发达国家的水平。简而言之，就是主要靠"自力更生"，还必须取得："生态效益，经济效益和社会效益的同步实现！"再用通俗的语言来说，就是："既要驴子好，又要驴子不吃草！"也可以说是：要"无中生有"。

在我国悠久历史的基础上，解放后40多年的实践证明，只要敢于更新观念，慎重制定符合于当前我国实际情况的指导思想，并据以依靠所急需的现代科学，其中就有"生态控制系统工程学"，我们坚信能和全国，尤其是生态脆弱的"老、少、边、穷"地区和亿万难于离土离乡的农民在一起，将总设计师的蓝图，实现在祖国的大地上。

二、定 义

生态控制系统工程学是在东方思维的思想指导下，面对人类赖以生存的地球(或祖国)，就可再生的"水"、"土"、"生物"等资源及其环境，以既要能满足当代人及其后代的需要，又要保持相对稳定持续发展为目标。在现代科学发展的基础上，运用控制论的方法，以系统动力学中运动稳定性(stability of motion)的基本理论，及其推导的方法为依据，从微观和宏观上作系统分析、研究，并进行动态跟踪监测预报，据以控制生物生产和生态系统的

动态保持稳定，向有利于人类和人类社会持续发展的一门综合性的系统科学。

三、基 本 理 论

1. 控制论—— “Cybernetic” 源出希腊文，“kubernetes” 原义为：“能手” 或 “内行”，1948 年首次被 N. 维纳用作科学术语，译为 “控制论”；Cybernetic 的定义是：“Science of system of control and cummunications in animals and machines” 直译成中文是：研究在动物中和在机器中，调整操纵和信息传递的系统科学。以其符合现代科学脉搏，立即风靡于世，发展成为控制、信息和系统三论。也在工矿、企业、交通、通讯、军事、宇航等重大开发建设事业上，立下汗马功劳！但独冷落遗忘了包括人类在内的生物分野，以其有悖于 N. 维纳氏原义，应知难而进，试拟求索。

2. 生物与无生物截然不同，生物的共性是有 “生命”，进而生物又和环境组成密切不可分割的综合体，质而言之，生物是环境的产物！在长期相互影响中，生物就具有各自相应的适应能力，个体和群体，种属之间以及组成的生态系统本身，内部具有调整适应能力 (control in ecosystem)；诸如：self－regulation，selforganizing，self－cotrol…等，都属难于用人力改变的自然规律；N. 维纳之所以选用 Cybernetic 亦似有意与 control 区别，我们明确厘定 “控制” 是人类对生态系统有意识、有目的影响和促成。因而，生态控制系统工程学是研究用系统工程的方法，控制生态系统进程，向有利于预期目标发展的科学。

3. 只就生态系统而言，生物的个体都有明显的边界，而环境则没有明显的边界。早在 1986 年就被钱学森同志定为 “复杂巨系统”，也是国际上急待解决的难题。1992 年钱老提出：“从定性到定量综合集成方法”，在计算机系统和专家群体的支持下，把定性研究和定量研究有机结合起来，把科学理论和经验知识结合起来，把多种学科结合起来，实现 1＋1＞2 的综合集成和把宏观研究和

微观研究结合起来。深受启迪，在生物和环境相依为“命”的这两个方面，在空间和时间上，总是处于动态（dynamic）富于变化（variable）之中。进而，面对已被认定为“复杂巨系统”的生态系统，还要用系统工程的方法，影响和控制它向有利于人类的目标发展；在属性上要包括人类在内，又要生态、经济和社会效益同步实现，就要深远地涉及到更为复杂宏巨的社会系统；这是我们面临而无法回避的现实，也恰是生态控制系统工程科学，在其攀登过程中的“难点”所在！

4. 上一世纪“狼羊共存？”——即设想在四面环海，有一定面积的孤岛上，引人一定数量的狼和羊，其后果如何？开始将极为简单的生态问题提交给数学求解，其结果需要用四维差分方程，可以求出多个合理解。促使俄国科学家 A. M. 里亚普诺夫（A. M. Liapunov）用毕生的精力研究了多维非线性方程的求解方法，他所建立的运动稳定性理论，迄今仍为各国所遵循。在方法上，基于人类直接感知能力限于三维，他所创建的里亚普诺夫函数法，就更直观有效。

5. 研究对象极为庞大复杂，又处于运动和变化之中，只能采用“黑箱理论（blackbox tbeory）”来处理，从而使用的应以结构模型，或称之为动态模型（dynamic model）为主。实质上是人类和被控制对象——生态系统黑箱，共处于更大的黑箱之中。经过我们的探索和研究，早在 1980 年就提出“生态控制系统瞬时截面（△t section）框图，几经修改，1993 年初步定型。可据以运用人类掌握的可控制变量，影响和迫使生态系统进展过程有所变化；然后取得可感知变量的信息，在运动中及时分析生态系统的发展趋势。根据系统动力学原理，可以得出：稳定、趋向稳定、趋向“振荡”和“振荡”等四种运动趋势，就是动态跟踪监测取得的成果，也是预报和采用控制措施的依据。当监测的趋势接近最后一个稳定趋势时，按常规，控制不引起振荡，其增益最大，应是最优方案。在开放和竞争的形势下，是难得的机遇；但机遇和风险总是孪生的，为了抓住机遇，回避风险，实践证明，运用势函数

曲线上出现“双凹”为依据，可以判断动态发展的趋势是质变，而不是崩溃！这已在暴发性灾害——泥石流的动态跟踪监测预报中试用，取得了成效。随多种学科相互影响和渗透，必将导致生物生产高效稳产，和防灾减灾纳入现代科学的轨道。因而，生态控制系统工程学也是持续发展，迫切需要的应用技术科学。

6. 在环境的分析上，以其涉及宇宙的总体，内容和变化更为复杂。要紧紧围绕与生物和生态系统有关的，面向系统目标，进行综合分析，具体而言，就是要在现代的景观生态科学的理论及其应用的基础上，采用：climate - Soil - plants complex CSPC 或 soil-plants-atomosphere contimum SPAS 等方法综合分析，地理信息系统 GIS 则是关键的背景材料。而对综合分析的理解，应该重点分析影响在事物运动变化过程中，繁多因素，相互之间的因果关系，也常被称为“网络工作”(net—work)，为了针对厘定的目标，符合于生态控制系统工程的特点，使用了具有特点的“蛛网工作”(spider's web-work）的工作方式。

7. 1944 年，理论物理学家 E. 薛定锷 (E. Schrodinger) 提出生物具有“负熵”的假说，尤其是他的《生命是什么？——活细胞的物理面貌》一书出版之后，激起了科学界的新浪潮，不仅为分子生物学、遗传工程学奠基；为生物能将太阳的光和热能，有序的存储于机体之中，提供了有力的说明；进而熵 (entropy) 和负熵、无序和有序等概念，被有效地引用于人类生态学 (Human's ecology)、人体工程学，其他有关的生物和社会科学，早已就是生态控制系统工程学依据的重要理论基础。

四、应用中的体会和展望

1. 环境没有边界，而人类只有一个地球，最理想的是以地球和人类世界作为一个总体进行持续发展的规划。联合国成立以来，下力气试作过几次，都不能付诸实施。不得已而求其次，近年来大力倡导区域规划，从总体或整体上看，只是一部分，并不理想.

但从社会科学来探讨，在当前只能如此。所以，我们也只好人为的定一个边界，那就是中国，当然，要在世界环发大会我们承诺的基础上，作好全国的工作。

2. 毕竟这门新科学是涉及当代最为复杂宏巨的社会系统，而其本身又已经是个复杂的巨系统，首当其冲的是要确切具体厘定系统的目标。生物生产事业是维护我国持续发展基础的基础，要生态、经济和社会效益同步实现，时间是2000年达到小康，2050年达到经济发达国家的中等水平，而且不留后患！其核心是放在可预见的未来，7～8亿难于离土离乡的农民，尤其是在“老、少、边、穷”，生态脆弱的地区。

3. 人类对人类本身的研究并不深入，人类的个体和个体，以及个体和总体之间，毕竟有相近似的感知能力，尤其在生物中，能用高级语言和文字交流信息和思想，才成为万物之灵。而对其他生物只能凭更少的直接感知，作出判断，其难度微生物最大，植物次之，再次是动物，人类则较易深入；判断的准确率则反之。而人力可以控制的手段：在人类内部，基于医学的发展，可以主动跟踪，反应细致清楚；脊椎动物需强制跟踪，反应灵敏；高等植物跟踪容易，反应滞后，且多干扰；其他生物因研究它们的人更少，则更困难。迫使我们深人一步理解了“从定性到定量综合集成方法”中提出的四个综合两个支持的全面涵义。在此，有必要指出：在生态控制系统的实际工作中，对个别事物的误诊，及时继续跟踪监测控制得当，整体虽受影响，但可免于或预防崩溃；处理得当，可以不造成损失。这是生态系统工程科学，在指导实际行动上的特点。

4. 包括入类在内，具有生命的生物和生态系统，虽处于动态富于变化之中，瞬息不同，但凡是生物，都要经过出生、成长、繁衍后代、衰老和死亡，和世代更替所需要时段远远大于当代信息传递的速度。我们强调“动态跟踪”和“及时”，主要就在于利用这个时间差，达到控制生态系统靠拢稳定增产，防减生态灾难的目标。从微观上看，科学发展到今天，土壤的肥力并非要靠自然

长期来形成，只要有一定面积的“土地”，即便是“光石板”，也可以靠人力造成“肥沃的耕地”。绿色的高等植物定居在土地上之后，只要环境许可，它们就生根发芽、开花结实，进面衰老死亡。1～2 年生的粮、油、棉等农作物，反应的更为明显。这是不以人类意志为转移的自然规律，但毕竟还有 3～4 个月的滞后期，就为动态跟踪监测预报提供充分发挥功能的余地。所以，粮、油、棉生产遇有一次不可抗拒的自然灾害，如有所准备，就地应可以解决。反而应善于处理。风调雨顺，庆获丰收之时，和连年遭灾相同，都需宏观调控，及时能掌握分散居住在 960 万平方公里上 12 亿人民，尤其是老、少、边、穷，生态脆弱地区的农民；可以抗御连年遭灾的苦难，真正享受到丰收的喜悦。生态控制系统工程应该作出它突出的贡献。

5. 正如前述，从生物的属性上看，人类的活动和人类探索研究的生态系统，是共同处于更大的“黑箱”之中，而物理科学中的“熵”、“无序”和“有序”，已广泛被引用于社会，经济科学分野。创始于 30 年代，后曾一度消沉，70 年代复苏，80 年代又取得飞跃发展的人类生态学，就人类的社会组成——个人，家庭，居民点，乡镇，城市，地区，国家和全人类……的组成层次，运用控制论方法，动力学机制和工程学手段；依靠现代科学的蓬勃生机，调动谋求生存和发展的巨大潜力。无疑，在理论上是正确的，但在实践上，却是困难重重。对无机物质的声和光的有序化，“雷达”和“激光”是人类经过千辛万苦才掌握了的，现在提出人不但要有序化自己，还要有序化全人类，迄今仍常被认为，只能是良好的愿望。就此，从 1978 年起开始探索，1983 年集中精力，突出研究了在“生态、经济和社会效益同步实现”的要求下，中央、地方和群众的关系，尤其是有 1992 年有幸得以参加广西老少边穷地区的扶贫工作，深刻理解了：“富县不富民的项目不能办，而富民不富县的项目办不成！”的现实情况。回顾建国以来，几十年的实践证明，在老、少、边、穷，生态脆弱地区，不论是哪一级政府或哪个部门倡导和支持，殊途同归，都是由县认真对待，具体领导、组织。不论是区域规

化，流域治理……都是在以县为基础、核心和关键的前题下取得的，在我国当前和可见的未来，仍必将如此。

6. 我们曾明确提出生态控制系统工程学是以人类为中心、人类虽具有生物属性，但早已进化成为万物之灵，是唯一具有主观能动社会性的生物，于是就不可能脱离开现代的人类生态学。我们是在充实和加强人类生态学的内容和地位，殷切希望人类生态学的发展不要遗忘或抛弃了风雨同舟的生态控制系统工程学。我们根据实际工作需要，强调了“县”是基础，是核心，是关键，是着眼于在我国，“县”是代表国家、省；直接面向全县人民的权力机构，也是通过乡，镇，村，直接为全县人民服务的国家基层的单位，因而就必须根据现代的人类生态学的基本原理，结合本县的实际情况，用现代科学的蓬勃生机，较为有序的调动，并组织起全县人民依照社会、国家、省、地、县的要求和他们自已的要求，以求充分发挥其主观能动作用！

7. 在我国一个县平均有 60 万人口，分散居住在全县平均约有 5000 平方公里的土地上，在世界中可以成为一个小国家，其内部也是错综繁杂，如何将诸多工作，落实到每块土地和每个人，还要随时随地记录动态变化。已经困扰我们 40 多年，投人莫大的人力和物力，迄今仍未解决，现在还要较为有序发挥每个人的主观能动作用。“明知其不可为而为之，智者所不取也”。“当前科学的发展，尤其是计算机已发展到“多媒体”的新阶段，更为重要的是：GPS 卫星全球定位系统的完成；不要“智者”，就用各县已有的微机、电讯设备，加以补充，现有技术人员进行培训，就可以将全县的资源、土地及其归属查清，并在微机建档，随即进行动态跟踪监测预报，就可以及时将全县的“事”、“地”、“人”、“钱”、“物”联系在一起综合确切地反映出来，不仅可以在县内作到“运筹于帷幄之中，决胜于千里之外”，而更重要的是能及时、全面、综合确切向上级政府，以至中央汇报全县的现时实际情况，作为上级决策科学可靠的依据和基础。

8. 我是在退出教学第一线之后的 1986 年，由于长期从事治

沙、防护林体系建设和水土保持的教学工作，开始介入了钱老倡导的农业系统工程，虽然是间接的，但深受启发和教导，此次敢于提出生态控制系统工程学，就我本身而言，实无力可言，确实是在“要想学科之间，相互渗透，就要敢于‘班门弄斧’的鼓舞下促成的！因而，毁誉无关于我，但求有利于我国和举世的持续发展。深愿再学习，更新观念，提高思想，明确认识。按我对自己原有的动态跟踪监测预报，我已多活了 20 年。生态控制系统在监测预报中，较好的方案，常是应选用的方案；留有余地，符合于生物的自然规律，也是生态控制系统工程学中的另一个特点。所谓的“较好的方案”，实指在动态监测中，时空均处于两个稳定趋势之间的状态，虽也在运动和变化，但不超过生态系统内部所具有的自我调整适应能力，所以是稳妥可靠的，也是受到国际上赞誉过的“中庸”之道的积极理解，例如对粮食生产的动态跟踪监测，就应如此！

9. 正值“三北”防护林体系建设一期工程如期超额完成，二期工程开始之际、黄淮海平原绿化、长江中上游防护林体系建设工程、沿海防护林体系建设工程、太行山防护林体系建设工程等相继展开。在国际上沙漠化 (desertification) 已成为热点之时，我国防沙治沙工程和沙产业，也被提上了国家的议事日程。我有幸从开始就参与 (participate) 了这项工作，缅忆起多年从事防护林体系建设的教学和实际工作，已经理解到防护林体系建设只是手段，而发展生产，尤其是防护地区人民的利益，才是真正的目的。这决定于我国当前的实际情况，实践证明，凡是涉及全党全民大规模的建设事业，就都要生态效益、经济效益和社会效益同步实现。恰在此时，农业（广义的＝生物生产事业）是基础，水（广义的，包括生物，人类都在内）是命脉，森林（也是广义的，包括：乔、灌，草）是屏障和根本的思想，日益深入人心。广大科技工作者都在探索超前服务于生产之时，钱老在倡导农业系统工程多年之后，又及时提出“沙产业”新设想，不仅促使生态控制系统工程学从原有的：“巧于向自然索取，和巧于协调各方面关

系”的基础上，拨云见日，豁然开朗，步入还要“巧于选定突破口”的新阶段。而更重要的是，通过10年的生产实践证明，在钱老“沙产业”的理论指导下，面向全国风沙地区，而以半干旱沙漠化严重的农牧交错地区为突破口，已被纳入国家重点建设的议程。尤其是1993年在赤峰召开的全国防沙治沙工程建设会议上，明确制定了“防沙治沙，建设绿洲”的总方针，立即推动了全国的防沙治沙工作。

10. 干旱，淡水资源的亏缺是全国各地普遍存在的问题，西北则更突出，风沙肆虐，流动沙地分布广泛；尤其是在半干旱的农牧区交错地带，凡是经过集中治理的地方，都取得了显著的实效。尤其是近10多年来，已出现连片达上万平方公里，蔚为壮观，人进沙退的喜人景象。而在整体上，治理的速度仍小于破坏的速度，沙漠化仍是我们的心腹之患！但在另一方面，相对而言，人口密度较小，亦即土地资源丰足，地面比较平坦，可塑性强，改造容易。我国地形西高东低，戈壁、沙漠和沙漠化土地所处位置标高较高，相对气温较低，生长季节较短，但均是在更高的山地（尤其冰川，雪山）环绕之中的盆地和外流河两岸山间的川台地。雪山、冰川、山地草甸和森林将有限，但涓涓不断的清流，滋润哺育着干旱的风沙地区，加上得天独厚充沛的太阳能，都是我国风沙地区特有的优势！自从钱老提倡“沙产业”以来，促使人们综合、全面重新认识沙区，导致曾酝酿几年提出的“以水定产，林草先行”得到各级领导的支持，推广应用于生产。

11. 还不仅止于此，利用太阳能塑料大棚促成栽培和延长生产时间的集约经营方式，已普及到沙区各地。我们倡导几年的全封闭或半封闭式贮能，循环用水的生物生产模式，虽然初期投入较高（约每亩20000元人民币），但可以在一亩沙荒地（非耕地），平均每年用水600立方米，高度集约经营，全年四作生产，可当年求得温饱，次年小康，3～4年可以达到所在县（市）居民平均中等以上的生活水平。本来这是一项到处可用的综合技术措施，却只能在钱老倡导“沙产业”的启迪下，促使综合全面重新认识沙

区之后，才为几个防沙治沙、建设绿洲的重点示范区所采纳！事实证明，巧于选定突破口是迅速有效地达到系统目标的关键所在。前面提到的“拨云见日，豁然开朗”实表切身感受，并非阿腴之词。

12. 而更为突出让我们激动的是，全国沙漠化的普查与监测，经几年准备就绪，已于1994年5月全面展开了工作。这是我国首次将普查和监测密切结合在一起的创新工作，即或不能一蹴而成，只要防沙治沙，建设绿洲，发展“沙产业”，明确的系统目标不变，瞄准方向，就可起步。就动态系统跟踪控制而言，在运动中逐渐逼近目标法，是导航上采用的有效的方法，移用于生态控制系统，只要厘定目标明确，理应可行。在钱老倡导多年“沙产业”的启迪下，能为全国防沙治沙，建设绿洲，这一跨世纪的重点建设工程奠定现代科学基础的普查和监测工作的实现，应是对钱老沙产业理论最好的纪念。

科学要超前于生产，才能指导生产，但不能纸上谈兵，要把精采的研究成果，首先描绘在祖国的大地上，洒向人间！最近10多年，直接和间接在钱老的启发和教导下，学习和实践证明，首先要正确认识自已，用生态系统的语言来说，就是个体在群体和生态系统中的“层位（niche)”；对“要求专家群体支持”，“多学科结合起来，实现1＋1＞2的综合集成”有了进一步的认识。这才促使我如实反映以上的心得和体会，祈望在批判和指正中，有所前进和提高。也希望由N. 维纳倡导，面他也从中受益最多的Seminar学风能猛吹于全国。

沙产业中微型藻类的规模生产

贾 炅 史培军

（北京师范大学资源与环境科学系）

提要 我国西北部沙区降水量小，蒸发强烈，地表干燥，制约着植被生产力的积累。但是日照充足、内陆咸水丰富的特点又使得发展微型藻类（主要是绿藻）培植具有广阔的前景。微型藻类的大规模培植已先后在近20个国家和地区进行，大量的实验研究表明：微型藻类适合于在光照充足、温度较高、矿物质营养丰富的内陆水体中生长，在优化的种群密度、适度的搅动和严格控制生物污染的条件下，最大净第一性生产力可达到25～80吨/公顷/年，基本的物质组成为蛋白质45%～55%、碳水化合物25%～40%、脂类15%左右。藻类可以做为饲料甚至人类的食品，是高产优质的蛋白质来源。目前，进一步提高藻类的群体光合效率，控制有害生物的侵入以及促进藻类干物质的深加工，尚待深入研究。

关键词 沙产业 微型藻类 规模培植 单位面积密度

干旱、半干旱地区是中国三大自然区之一，面积约占全国的20%（其中干旱区21．4%，半干旱区8．6%）。本文所指的沙漠与沙地分布区（简称沙区）系指干草原地带、荒漠化草原地带、草原化荒漠地带以及荒漠地带的沙区，面积共约63．7万平方公里。这些区域降水量偏低且年际波动很大，蒸发强烈，地表干燥，成为制约农作物产量提高和牧草生长的重要因素。我国自30年代末开始，一直致力于沙区治理，提高沙区的第一性生产力的途径，是人们始终不懈地探求的课题。80年代中期，以钱学森教授为代表

的一批学者开始致力于“沙产业”的研究和实践，试图利用生物技术、工程技术及一切可利用的知识，来提高沙区太阳能转化效率，提高第一性生产力。沙产业越发达，第一性产品越多，人们为追求生活必需品而进行的盲目开垦和过度放牧就会相对得到控制，自然生态系统就会免受太大压力。事实上，我国西北部沙区虽然有种种限制因素，但这些地区长年日照充足，太阳总辐射量达140～160千卡/平方厘米/年，年日照时数多在2800小时以上，日照百分率大于60%，光合作用潜力很大。在充足光照下，沙区中大量的内陆咸水湖为自养型低等植物（主要是绿藻）提供了良好的生长条件。下面就国际上绿藻培植的进展、绿藻生产力的主要影响因素及利用前景，探讨我国沙产业的发展途径。

一、绿藻的培植历史和现状

本世纪初，由于使用绿藻进行光合作用实验，人们认识到了它们迅速生长的特点，进而萌发了将绿藻作为饲料或辅助食品的想法。但是由于没有多少市场，进展甚微。40年代初，开始出现了大规模培植绿藻的实验研究，首先是在战时的德国，其后陆续出现于许多别的国家和地区，其中包括荷兰、日本、捷克、斯洛伐克、罗马尼亚、前苏联、法国、比利时、印度、以色列、意大利、墨西哥、秘鲁、南非、台湾和美国。

如今，人们大规模培植绿藻不再仅仅是为了直接获取饲用和食用蛋白，而且包括了以下一些内容：（1）废水处理；（2）用作水体养殖的饵料；（3）维持太空航行中封闭的生命系统；（4）提取某些化学物质；（5）制造绿色保健食品；（6）太阳能的生物转化。

从户外的粗放培植到严格控制各生态因子的人工气候室，绿藻培植的技术差异很大。在纯净的培养基中进行绿藻培植称为“纯基培植”（Clean culture），另一类则主要在废弃物或污水中培养。在后一情形中，生物产品除了绿藻以外还有其他微生物侵入，

特别是细菌，因而这实际上产生的是藻——菌生物量。根据营养方式，纯基培植可分为自养型（只通过光合作用进行生产），兼养型（光合和异养兼存）和异养型（次级生产）三大类。本文只讨论自养型纯基培植。

二、不同环境下绿藻的适生种类

如果不考虑用于接种体的那些种，通常藻类培植系统中总是有限的几个种占优势。主要种类有淡水系统中的小球藻属（*Chlorella*）、*Microctinum* 属、栅列藻属（*Scenedesmus*）以及海水系统中的 *Phaeodactylum* 属、*Skeletonema* 属等。在纯基培植中，单一物种可以长期维持，如在德国 Coelastrum probiscideum 被连续单种培植达 7 年之久。

特殊的绿藻种类常被选择在极端环境下培植，在盐渍环境中，盐藻（Dunaluella）的产量很高。

三、绿藻培植装置的设计

绿藻培植装置可以小到一个培养皿，大到数百公顷的池塘。早期设计绿藻培养装置时多考虑可靠性，而现在则主要考虑能量的利用率。设计方式包括垂直水道、斜伸瀑流、河流、圆形湖沼、底部平坦或槽状的长形水槽、U 形湖沼以及覆盖塑料的湖沼。

培植深度和搅动效果是进行大规模绿藻培植时首先要考虑的问题。不断的搅动可以有效地阻止细胞（或个体）的沉淀，有利于它们与营养物质充分接触，也有利于提高光能利用率。一般来说，将水深控制在 15～20 厘米，并配备一台脚踏式搅拌机，就可以达到很好的效果。在深水中则以水泵代替搅拌机效果更理想。

培植装置的合理设计是为了使光能利用达到最充分，因为制约绿藻培植的主要因素是光能转化率低。通常光合作用的主要限制因素有：(1) 植物对占太阳总辐射 45%的可见光部分（生理有

效辐射，PAR）的依赖程度；（2）光能的反射损失（10%～20%）；（3）最大可能的光合效率（25%左右）；（4）呼吸损失。

鉴于绿藻培植受到诸多复杂因素的影响，其培植装置可以有多种设计方式，只要有利于提高净第一性生产力。不过到目前为止，世界上还没有哪一种绿藻培植装置被认为是最优化设计。

四、绿藻净第一性生产力的影响因素

50 年代到 60 年代初期，一般开放湖沼（没有塑料膜覆盖）中绿藻干物质产量为 2～15 克/平方米/天，到 80 年代上升到了 15～25 克/平方米/天。在一年中生长最适宜的时段绿藻干物质产量一般在 30～40 克/平方米/天，高峰时期可以达到 54 克/平方米/天。

我们有必要区别总产量和净产量，前者是单位面积、单位时间内绿藻生物量的增量，后者是单位面积、单位时间内可以获得的实际产量。一个面积为 0．1～0．2 公顷的培植池中总产量的 20%～30%通常要损失掉，而在 6 公顷大小的培植池中损失率约有 10%。造成损失的原因主要是收获过程中的散失、异养生物消耗以及基底留存等。

Walmasley 等人（1984）研究了覆盖塑料膜的封闭培植池的产量。他们在一个 100 平方米的池中培植小球藻，一年中每 4 天收获一次，测得平均净产量为 10 克/平方米/天，高峰季节可达到 15 克/平方米/天。在封闭型微型培植池中，他们测得小球藻净产量从 7．9 克/平方米/天（保留 12 天）到 16．6 克/平方米/天（保留 2 天）。

总的来看，在开放型绿藻培植装置中净产量波动在 25～80 吨/公顷/年，而在封闭型绿藻培植装置中净产量变化不大，因为塑料膜保持了池内环境的相对稳定。

绿藻生产力的大小受到一系列生态因素的综合影响，这些因素包括光照、温度、矿物质营养、绿藻种群密度和保留时间等。绿

藻培植的成败取决于对各生态因子的合理调节，也就是优化生产。

（一）光照

绿藻大规模培植时其生产力取决于光渗功能（irradiation）。Castillo 等人（1980 年）发现在栅列藻（Scenedesmus）的产量与光照强度之间存在线性相关。这种显著的线性相关也存在于各种培植装置中。Goldman（1979 年）提出了一个表征绿藻生产力与光强度关系的模型，指出它们之间为非线性关系，而过高的光渗下生产力反而下降。要确定它们是线性相关还是非线性相关还要视具体情况。

光饱和点（Satuation light intensity，*Is*）是光合器官可以接受的最大光照强度。在光饱和点以上，多余的光照不再被利用。*Is* 是生产力——光强模型中的重要指标，在一定的培养装置中它是一个恒量，其值通常为 0. 02～0. 06 卡/平方厘米/分。初步估算，在封闭型湖沼中 *Is* 一般为 0. 02 卡/平方厘米/分，而在开放型湖沼约为全日照的 7%。（Goldman，1979 年）事实上，目前人们对这一常数还知之甚少，研究生长速率与光照强度的数量关系将有助于准确估测 *Is* 值。

同时，光呼吸、光抑制对生产力的影响也不容忽视。在某些情况下呼吸损失可达 10%。Ryther（1956 年）估计在全日照的 10%左右时海藻中可以看到光抑制现象。利用 C^{14}同化检测技术研究第一性生产力，证明绿藻在静态检测时存在明显的表层光抑制作用，但是在不断搅动的情况下不存在光抑制。

对于绿藻的光能利用率的估算存在很大差异，在实验室培养的绿藻可达到 10%～12%的光能转化率（Radmer 等，1977 年），但也有报导说只达到 5%～5. 6%（Benemannetal，1977 年）。通常在自然状态下绿藻的光能转化率为 1%～2%，在开放型系统中为2. 0%～3. 1%。随着塑膜覆盖层数的增加，封闭型水池中最大光能利用率可以达到 5. 8%，但与此同时光能供应却会下降。

（二）温度

在冬季，温度和光照都会成为绿藻生产的制约因素。我国西北部沙区多属温带，冬季气温很低，开放型培植几乎是不可能的。Goldman（1977年）认为温度对生产力的影响不及光照重要，他给出了以下方程：

$P' = 0.087db\ (1.066)\ (2t)$

这里P'表示单位面积的最大生产力，d是培植深度，b是一个经验常数，t是温度（摄氏度），方程描述了温度对绿藻生产力的影响。Walmsley和他的同事们用开放型微型水池、封闭型微型水池和开放型加热的微型水池来对照研究绿藻培植中温度的影响。他们使封闭的培植池内温度高于开放型培植池，而开放加热池内的温度由电热器控制在与封闭池相同的水平。实验表明，开放加热的培植池内第一性生产力与封闭池相差无几，而开放池内的生产力却低大约10%～48%。可见温度是微型培植池内生产力的重要限制因素，无论在冬季还是夏季都是如此。

高温并不象人们想象的那样会抑制绿藻生长。Vanshak等人(1982年)在盛夏的以色列Negev沙漠研究了封闭型湖沼中的“热陷阱”效应以及由此产生的高温，证明管理良好的藻群很难达到光饱和点和温度饱和点。在那里，夏季水温常常高达45摄氏度，但绿藻仍可以保持相当高的生产力（>10克/平方米/天）。

（三）矿质营养

当矿质元素充分供应，而光照成为主要限制因子时，大多数绿藻种类表现出相对稳定的化学组成：45%～50%的碳，8%～10%的氮和1%的磷。较高的碳含量反映了绿藻在光合作用时对二氧化碳供应的依赖。绿藻对二氧化碳的平均需求量是45克/平方米/天，需求变化主要取决于生产能力。通常在绿藻大规模培植生产中二氧化碳的供应是很昂贵的，其最经济的来源是燃烧后的气体和发酵过程产生的废气。在封闭型培植中二氧化碳的利用率可以达到很高，因为塑料膜阻止了气体的散失，同时还可以通过特殊的装置不断充人二氧化碳。在一些较完善的装置中还可用适量充入二氧化碳来调节水中的pH值。

绿藻培植池中氮元素和磷元素的供应量必须分别控制在1.6～6.5克/平方米/天和0.2～0.83克/平方米/天。从浓度来看，氮的供应应控制在25～500毫克/升。研究发现，将硝态氮和铵态氮以3∶1的比例施入可以取得较高的产量。

可溶性过磷酸钙是培植池中许多微量元素的来源，它和尿素、天然水一起提供了绿藻所需的大部分营养元素。

（四）绿藻种群密度

绿藻培植中的优化生产还取决于其种群密度。最适种群密度因培植深度不同而不同，密度过低会造成资源的闲置，而密度过高则会抑制生长。Grobbelaar（1981年）通过一模型计算出获得最大生产力所要求的最佳种群密度为16～22克/平方米。这一结果是通过野外实验得到的，实验中选定一基本种群密度，然后每天都用纯培养液稀释藻群，并进行测定。Vanshak等人（1982年）发现在一定的临界值以上，随着种群密度的提高，绿藻光合能力、呼吸作用和生长速率都会下降，而当种群密度在300～400克/平方米时生产力达到峰值。最优种群密度还与水中的最高氧浓度有关，因此水中氧浓度的变化是检验种群密度优化与否的敏感的指示体。

（五）保留时间

当光照充足时，培植池中的绿藻在某一特定的生长速率（或保留时间）下达到最大生产力，将保留时间延长或缩短，都会使生产力下降。生产力与生长速率的关系表现为一钟形曲线，随着生长速率的提高，绿藻的生物量表现为非线性增长。

（六）搅动

以下方面决定了搅动在绿藻培植中的重要性：(1)阻止沉淀；(2)使下层个体充分见光；(3)使绿藻细胞与营养物质充分接触。搅动中水流速度可以从每秒几厘米到近50厘米。在较小、较浅的培植池中一般用脚踏式搅动机，而在大型培植池中最好用水泵来完成这一任务。

（七）生物感染

户外培植的绿藻常常会受到细菌、真菌，其他藻类以及无脊椎动物的感染。原生动物和轮虫纲是最常见的感染生物，其次摇蚊虫蛹也十分普遍地感染培植池，由于它们较专一的食性，可使池中绿藻的物种优势程度大大降低。

控制生物污染主要有以下四种途径：(1) 保持绿藻生长的最适环境；(2) 使用化学药品，这要视具体种类而定；(3) 使用物理方法，如在显微镜下剔除侵入的生物体；(4) 造成环境因子的突发性变化(但不要伤及绿藻)，如在冬季将水温降到 5 摄氏度以下，或使用有机酸将 pH 值降到 3.5 以下数小时，然后再恢复。即使使用了以上技术，纯净的藻群也只能维持数月，感染问题不会彻底得到解决。

在单种培植中，其他藻类种群的入侵是一个令人头痛的问题，特别是在极端环境如盐渍环境下。影响种间竞争的机制目前还很不明了，但一般认为温度和选择性采食等因素影响较大。

最后，地理位置也是不可忽视的因素，它部分地决定绿藻培植中所需的光照和热量。总的来讲，干旱、半干旱地区具有较充足的太阳辐射和酷热的气候，最适合培植绿藻。尽管那些区域蒸发量很大，但在封闭型培植中蒸发量可以降低到极低水平。

四、绿藻的产量和产品质量

根据 Goldman (1979 年) 的生产力预测模型，藻群生产力的上限为 60 克/平方米/天，但是这一模型没有考虑呼吸和光抑制所产生的影响。在养分充足的情况下，大多数绿藻都表现出相对稳定的干物质组成：50%的蛋白质、30%的糖类和 15%的脂肪，但是个别种类以及在其他限制因子作用下，个体的物质组成会有很大变化。

绿藻的蛋白质含量因培植池养分浓度的不同而发生变化，养分不足的情况下，开放型培植池中绿藻粗蛋白含量可以由平时的

36%～74%降低到5%以下。在控制养分输入的情况下，藻类细胞中蛋白质含量与糖类含量呈负相关，此外，气温、水温、光照强度、光质和磷肥浓度都会对藻类细胞中蛋白质含量产生影响。

绿藻细胞中通常含有较少的含硫氨基酸，这一问题可以通过控制培植环境、选择适当的品系和控制基因重组来解决。事实上小球藻中高蛋氨酸品系是一孤立性状，可以指示含硫氨基酸的比例。

绿藻的细胞壁含有复杂的多糖，大约占其生物量的10%，这些多糖包括纤维素、甘露糖和木质素等。淀粉和其他糖类是绿藻细胞的物质贮存形式，但由于物理和化学的障碍，绿藻细胞中的糖类很难被人或哺乳动物消化。

绿藻生物量中脂肪的比例一般不高（<15%），但有时也可能高达53%，这反映了绿藻脂肪的生产能力。绿藻细胞中常具有一些长链脂肪酸，不易吸收。

叶绿素和类胡萝卜素等色素含量约为总生物量的3%～5%，在作为食品时常引起一些问题。如少量喂饲母鸡时，藻色素会使蛋黄颜色加深，剂量大时还常常引起色素过敏症。此外，绿藻细胞含有大量的核苷酸，它们对人体有害。但是目前已有一些手段可以解除这些毒性，从而大大提高了绿藻的实用价值。

小球藻、栅列藻和Spirulina等属的许多种类是完全无毒的，长期的动物饲喂实验证明“纯净”培植的绿藻产品没有毒性。无论是直接摄取还是通过家畜来转化，它们都可作为入类一种重要的蛋白质来源。但是人类也不能无节制地大量摄取绿藻产品，否则尿酸在体内聚集会引起不良反应。还有一个问题是，由于使用化肥以及来自大气和水体的污染，有毒矿物质和复环糖类等污染物常在绿藻体内富集，通常开放型培植池更容易受到污染。

五、绿藻培植系统的管理

绿藻的培植可以是相当自然和粗放的，就象印度农村那样，将

Spirulina 密集地培植在一条条小水沟内直接供牛采食，偶尔用扫帚搅动一下，如果收获则只需用一种布网将藻群捞出晒干即可。然而在日本的小球藻培植厂，无菌的绿藻细胞被装在可自动控制环境因子的培植管内，培植过程中有计算机控制，收获时采用离心技术，经清洁过程然后移入干燥间干燥。前者类似于大田农业，而后者是真正的实验室培植技术。

绿藻大规模培植的目标是争取最大的生长速率以求获得尽可能多的生物干物质或某些化学物质，这便引发了人们对绿藻培植生产潜力的研究。在某些方面，已有人提出一些定量研究方法和结论，但还很不完善。例如有的学者认为正确控制单位面积种群密度至关重要，他们通过数学模型算出，达到最大生产力的最优种群密度是 16～22 克/平方米，在此水平以下，种群密度的轻微变化都会影响生产力，但是在此水平以上则影响并不明显（Grabbelaar，1982 年）。这个模型告诉我们，在绿藻大规模培植时，为了使生产力在较高水平上保持相对稳定，最好使单位面积种群密度保持最优或者略微高于此水平。数学模型对于作用因子的调控和最优培植系统的设计很有帮助，但遗憾的是至今还没有一种数学模型能够测算外来生物的侵入。单一种群的绿藻培植中生产力常常波动很大，除非该物种具有极强的抗逆性和对入侵者的排斥性。在这种情况下，反复的试验是必要的。

迄今，绿藻大规模培植的管理还是一门尚不完善的科学，在这里只是介绍人类在绿藻培植领域的几方面进展，以期我们能够积极利用这些成果，提高我国西北部大面积沙区的第一性生产力和干物质产量，从而补偿这些区域农牧业的不足，缓减环境压力，促进区域持续发展。同时，作为探索和试验，建议将这个领域列入沙产业的一个优先项目。

参 考 文 献

1. Benemann, J. R., Weisman, J. C., Koopman, B. L. and Oswald, W. J., 1977, Energy production by microbial photosynthesis, Nature, 268.

19—23.

2. Shelef, G. and Soeder, C. J. (Editors), 1980, Algae Biomass: production and Use, Elsevier/North—Holland Biomedical press, Amsterdam.

3. Clement, c., Louchams, D., Rebeller, M. and Van Landeghem, G., 1980, The development of Spirulina algae cultivation Chem. Eng. Sci., 35: 119—126.

4. Eppley, R. W. and Dyer, D. L., 1965. Predicting Production in light—limited culture of algae, Appl. Microbiol., 13: 833—837.

5. Goldman, J. C., 1979a. Qutdoor algal mass cultures I. Applications Water Res., 13: 1—19.

6. Goldman, J. C., 1979b. Outdoor algal mass cultures. II. photosynthetic yield limitations. Water Res., 13: 119—136.

7. Radmer, R. and Kok, B., 1977. Photosynthesis: limited yields, unlimited dreams, Bioscience, 27: 599—605.

8. Ryther, J. H., 1959. Potential productivity of the sea, Science, 130: 602—608.

9. Soeder, C. J., 1980. Massive cultivation of microalgae: results and Prospects, Hydrohiologia, 72: 197—209.

10. Spoehr, H. A. and Milner, H. W., 1949. The chemmical composition of Chlorella: effect of environmental conditions, Plant Physiol, 24: 120—149.

11. Tamiya, H., 1957. Mass culture of algae. Ann. Rev. Plant Physiol., 8: 309—334.

12. Vanshak, A., Abeliovich, A., Boussiba, S., Arad, S. and Richmond, A., 1982, Production of Spirulina biomass: efects of enviornmental factors and population density, Biomass. 2: 175—185.

13. Walmsley, R. D. and Shillinglaw, S. N., 1984. Mass algal culture in outdoor plastic—covered minipond systems. Ann. Appl. Biol., 104: 185—197.

对张掖地区防沙治沙发展沙产业的思考

马 西 林

（甘肃省张掖地委书记）

1984年，钱学森教授提出建立“农业知识密集型沙产业”的建议，把长期以来人们认为沙漠分布区域是人类禁区的片面认识纠正了过来，是人类认识和利用资源上的一次革命，其意义无疑是十分深远的。我们甘肃省张掖地区10多年来的实践证明，钱学森教授这一建议对于指导干旱半干旱区域的沙漠治理和沙区资源的合理利用，实现环境、资源、人口和区域经济的协调发展有着重要的现实指导作用。

张掖地区位于河西走廊中部，南靠祁连山与青海接壤，北依巴丹吉林沙漠和内蒙古毗邻。全区辖五县一市，120万人，总面积4.2万平方公里，折合6288万亩。内有耕地280万亩，沙漠300万亩，戈壁600万亩，盐碱地120万亩，境内属大陆性温带干旱气候，干旱少雨，风大沙多。有两条沙带纵穿全区，沙线长达400多公里，直接威胁6个县、市82个乡的100万亩耕地。

建国以来，特别是党的十一届三中全会以来，党中央、国务院把张掖地区列为“三北”防护林体系建设重点地区之一。我们从实际出发，制定了管理和保护祁连山水源涵养林，积极建设中部绿洲区农田防护林，大力营造北部防风固沙林的防沙造林发展战略，坚持宣传教育先行，政策扶持引导，科学合理规划，生物工程措施并举的方法，开展了大规模的群众性防沙治沙运动。目前，我区保护农业的绿色屏障基本建成。生态经济型林业新体系正在形成，有力地促进了农牧业生产的不断发展。到1993年，全

区人工林保存面积达154.5万亩，加上天然森林，总面积达到546万亩。森林覆盖率由解放初期的4.5%提高到8.67%。各种林木总蓄积量达到1297万立方米。北部和甘新公路两侧已建成15条大型防风固沙林带，防护林面积达150万亩，中部绿洲内已有150多万亩农田，62%的道路和75%的渠道实现了林网化。张掖、临泽、高台3县、市已实现了平原绿化达标，受到国务院、国家绿化委员会和林业部的表彰奖励。

防风面沙林带和农田林网的形成，改善了绿洲小气候，为发展"两高一优"农业创造了较好的生产条件。据气象部门观测，近几年与60年代相比，年均8级以上的大风由16天下降为14.9天，沙暴日由8天下降为7天。从70年代末期防风固沙林带和农田林网形成以来，干热风危害在绿洲内已基本消除。全区粮食生产连续12年丰收，1993年粮食总产量达到8亿多公斤，比1978年增长83%，人均生产粮食824公斤，人均提供商品粮近400公斤，商品率达46%；油料总产达5100万公斤，比1978年增长10倍；果品总产量达到4000万公斤，林果业总产值由1978年的740万元增加到1993年的8000万元，占农业总产值的比重由3.9%上升到5.6%。大牲畜饲养量达到45万头（匹），生猪饲养量100万口，羊只饲养量150万只，分别比1978年增长45%、156%和25%。

回顾总结近10年来我区的防沙治沙工作，虽然取得了比较明显的成效，但是对照钱学森教授的建议，还存在三个值得思考的问题：一是对如何综合治理沙漠和开发利用沙区资源缺乏系统的研究，因而工作中只是被动地防沙治沙，尚未转到全面开发利用沙漠资源的轨道上；二是在防沙治沙工作中重眼前利益，轻长远利益；重经济效益，轻生态环境效益。对在沙区大面积打井开荒，造成地下水位下降，土地盐渍化等问题很少考虑；三是对沙区丰富的太阳能资源、植物资源开发利用的思路狭窄，经济效益不够明显。

钱学森教授所提出的建议，给我们重新认识沙漠资源以深刻

的启迪，为我们全面开发、利用沙漠指明了方向。在今后治理沙漠、开发利用沙漠资源中，我们应当解决好以下四个问题：

一、重新认识沙漠资源，确立正确的治理开发指导思想

在当今，技术进步使人类有了更强大的武器，资金亦将不是开发资源的主要障碍时，一个正确的指导思想，比任何时候都更有意义。对沙漠的利弊我们也要重新认识。沙漠过去在人们头脑中的影响就是干旱少雨、风沙肆虐、草木不生，不仅无开发利用价值，而且是发展农牧业生产的一大危害，人类只能被动地防沙治沙。这种囿于缺乏深入的科学研究而产生的认识是在所难免的。随着人类对沙漠研究的不断深入，使我们逐步认识到，如同任何事物都有两重性一样，沙漠既有它自然条件严酷和对农牧业生产造成危害的一面，但同时也有它太阳能资源丰富和有许多沙生植物可开发利用的一面。沙漠戈壁上天然植被中的灌木、乔木和藻菌类，可以开发加工。因此，我们既要看到沙漠危害性的一面，又要看到沙漠可供人类开发利用的一面，避害趋利，变单纯的防沙治沙为全面的综合开发利用沙漠资源，使沙漠资源造福于人类。

二、充分利用太阳能资源，大力发展源室农业

太阳是一个巨大的辐射源，阳光辐射到地球表面的总功率高达 200 万亿千瓦，比全世界发电站的总功率 10 亿千瓦多 20 多万倍。太阳是取之不尽、用之不竭的“干净”能源。而沙漠中的太阳能较之其他地区更为丰富。据资料，荒漠中的太阳辐射高出温带 1 倍以上。所以，开发利用沙漠资源，首先应当利用其丰富的太阳能资源。这方面，不论国际、国内都有成功的范例。以色列这样典型的沙漠国，之所以能够成为“欧洲的冬季厨房”，就是靠他创造的独一无二的沙漠温室。我区地处沙漠地带，年日照时数

2683～3078 小时，日照充足，昼夜温差大。利用充足的日照，发展温室农业有着优越的条件。80 年代以来，我区引进推广塑料大棚日光温室技术，发展蔬菜生产和暖棚养猪，取得了良好的经济效益。据实地调查测算，建一座占地 700 平方米左右的日光温室投入 2000 元，而年收益在 3000～4000 元，同面积的高效节能日光温室收益在 1 万元以上，最高可达 1．6 万元。与同面积的露地栽培相比，日光温室收入高 1 倍多，高效节能日光温室高 2～3 倍。在显著的经济效益拉动下，全区塑料大棚和日光温室迅速发展。目前，全区有塑料大棚蔬菜面积 2．1 万亩，日光温室蔬菜面积 7600 多亩，合计 2.86 万亩，占蔬菜总面积的三分之一。塑料大棚和日光温室的推广，增加了复种指数，充分利用了土地资源，改变了我区一年一熟为一年两熟或三熟，将夏令蔬菜改为冬季生产，大大提高了蔬菜的产量和种菜的效益，目前，张掖的蔬菜已销售到全国 20 多个省、区，并且远销到日本和东南亚一些国家。同时，我们还将塑料大棚技术推广到畜牧业上，发展暖棚养猪，现已有暖棚猪舍 31．8 万间，还建起了一批规模较大的万头猪场和千头猪场，用配合饲料喂养，150 多天就可出栏。按目前市场价格，头均收入 1000 多元，比传统方法喂养，效益翻番。

三、发展节水农业，保护好现有绿洲

干旱是西北地区自然灾害之首，是影响农林牧业生产的主要限制因素。因此，多年来我们始终把兴修水利，开发新的耕地作为保证农业丰收，增强农业发展后劲的主要措施来抓。目前，区内共建成中、小型水库 43 座，总库容 1．83 亿立方米；修建干支渠 660 条，3900 公里；建塘坝 33 座，打机井 3165 眼，修提灌站 155 座，开垦荒地 29．4 万亩。这些工程措施的实施，对防旱抗旱，保持农业生产的稳步发展起到了积极的作用。但由于我区水资源有限，境内黑河、梨园河、山丹河等 26 条河流年径流量 25．59 亿立方米，人均占有水资源 2139 立方米，低于全国人均水资源 2695

立方米的水平。随着工农业生产发展，对水的需求量越来越大，以及由于传统灌溉方法造成的水资源浪费，缺水矛盾越来越突出。单纯依靠建库修渠，打井灌溉的办法，从局部和目前看，效益是显著的，但从全局和长远看，地下水过度超采，将会造成上下游矛盾更加突出，地下水位大幅下降，土地盐渍化，大量天然植被和人工林，仅靠稀少而又不及时的降水，难以维持最低限度的生长需要而枯死，使地面裸露，扩大沙漠化土地，并直接威胁现有绿洲农田。因此，必须走依靠科技，推广节水灌溉措施，提高水的利用率的路子。目前我们采取的主要节水措施是改土渠为水泥预制板补砌渠道，使水的利用率由过去的35%左右提高63．66%；划大块地为小块灌溉、小畦灌溉，节水率10%～50%，亩均节水50～60立方米。这些措施虽然适合目前农村经济发展的水平和农民的科技文化素质，投入较少，群众易于掌握，但节水效果远没有低压管道输水、软塑管输水、滴灌等技术显著。从根本上讲，应先推广目前比较接近农村经济水平的低压管道输水，然后推广最理想的，也是最先进的滴灌节水技术。目前，我区已推广低压管道输水灌溉面积3万多亩，渠系有效利用系数可达90%左右。滴灌技术目前在我们地区开始推广，其节水率比大田灌溉高50%左右，亩节水160方。推广这项技术要有三个基本条件：一是农村经济水平要提高，农民能承担起高额设备投人；二是科学文化素质要提高，有较高的管理水平和维修能力；三是滴灌设施要用在发展高效农业上，如蔬菜、花卉、瓜果等，以高投入获取高产出，以高收益维持高投人，实现良性循环，否则难以持久。这项技术要随着农村经济实力的增强和农民科技素质的提高逐步推广。

四、开发沙漠植物资源，发展沙产业

沙漠戈壁上天然分布着许多沙生植物和藻菌类，虽然大都其貌不扬，但却是在严酷环境里经过长期自然筛选幸存下来的优胜者。很多沙生植物有食用、药用、油用等经济价值。如甘草是制

药工业中的基本原料，用途十分广泛；发菜是高级菜肴，营养十分丰富；黄参既可药用，也可食用；白刺的核果，民间叫沙樱桃，可生产天然饮料等。这说明，开发加工沙生植物，前景广阔，大有可为。主要要解决三个问题：一是要加强对沙生植物的科学研究。沙漠中的许多天然沙生植物，用途十分广泛，但由于人们不认识，所以长期未被开发。如我区山丹一带所产的黄参，含有人体所需的多种氨基酸，营养价值十分丰富，但由于不认识，过去一直未开发利用。1993 年经北京食品营养研究所化验鉴定后才使人们认识到它的价值，进行采集加工，成为饭桌上的名贵菜。二是要有可依托的加工企业。要把沙生植物的资源优势变为经济优势，必须走加工增值的路子，如甘草，如单纯出售原料，每吨只有 2800 多元，加工成甘草膏后售价可达 1．8 万元。根据我区及邻近地区甘草资源丰富的特点，我们将张掖市日用化工厂转产为中药提炼厂，生产甘草膏及麻黄素，年产值 680 万元，利税 79 万元，使这个 200 多人的小厂效益十分明显。三是要处理好开发与保护的关系。我们既要积极开发利用沙生资源，又要注意保护资源，防止破坏植被。还要进行人工种植，以永续利用。

从国内外植物固沙经验展望我国沙地建立樟子松用材林基地的前景

赵兴梁　何兴东　沈渭寿

（中国科学院兰州沙漠研究所）

我国当代杰出的科学家钱学森关于沙产业的论述发表已10年。自从1991年3月在北京香山召开的首届全国沙产业研讨会以来，沙产业作为一种跨世纪的沙漠治理开发战略，在我国学术界引起了很大反响，并成为我国正在实施的10年治沙工程规划指导性的理论基础。

面对市场经济的挑战，为了把治沙工程建设真正由生态型转变为生态经济型，以发展跨世纪的沙产业，林业部三北防护林建设局，正在进一步调整林种和固沙植物种组成，以便继续搞好生态建设的同时，因地制宜建设商品林基地和经济植物基地。其中计划到本世纪末营造樟于松（*Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.）用材林面积达50万公顷。与此同时，在内蒙古呼伦贝尔草原沙地已封育成林或可望成林的30万公顷樟于松天然林之基础上，再封育残存樟子松丛林和散生树6～7万公顷。这就标志着我国樟子松造林进入到一个有计划、讲规模、求效益、大发展的新阶段。

这是就发展一个针叶树种所作出的果断决策，根据国内外多年固沙造林经验，无疑是正确的。这一奋斗目标真正实现了，在贺兰山以东毛乌素、浑善达克、科尔沁等沙地和以风蚀沙化为特征的荒漠化地区，以沙丘地域团块状生长的樟子松人工林将与农区护田林网交错分布，可使沙害和荒漠都较为严重的重点治理区

初步形成稀树森林草原景观，这对于这些地区进一步发展以农、牧、林为主体的沙产业必将产生深远的影响。

为什么应在半干旱沙区大力推广松树造林呢？国外经过几个世纪的摸索，我国经过 40 年的实践，都说明了这一点。

（一）

就世界范围来讲，欧洲国家开展固沙造林工作的历史最为悠久。

丹麦年雨量 600～700 毫米。海岸沙丘植被不断遭受人力破坏，早在 1539 年就颁布了有关防沙治沙的皇家法令。但真正开展固沙工作，西兰岛始于 1723 年，日德兰半岛始于 1792 年，一般都设置树枝栅栏，建立前丘，种植欧洲海岸草（*Ammophila arenaria* (L.) Link）。1820～1853 年试图在沙丘上造林，都失败了。以后用灌木枝覆盖沙面，并栽植欧洲山松（*Pinus mugo* Turra）、欧洲赤松（*P. sylvestris* L.）、北美黑松（*P. contorta* (Loud.) Dougl.）及北美云杉［*Picea sitchensi* s (Bong) Carr.］取得成功。

丹麦海岸沙丘第一代欧洲山松人工林之后更新以欧洲赤松。欧洲赤松生长于欧亚大陆性气候区，但从一个地区引种到另一个地区，对气候特别敏感。丹麦从苏格兰、挪威、瑞典、波罗的海地区及法国引种的欧洲赤松，凡来自大陆性强的气候区，多生长不良，来自苏格兰和挪威海岸地区，则生长较好。

丹麦海岸沙丘在欧洲山松和北美云杉的防护下，还栽植欧洲冷杉（*Abies alba* Mill.）、高加索冷杉（*A. nordmannian* a Link）和大冷杉（*A. nobilis* Lindl）。丹麦无针叶树种分布，沙丘造林都是从国外引进的。海岸沙丘造林不用阔叶树种，因一般生长不良。

英国大不列颠岛海岸沙丘，近 50 年来，多营造了南欧黑松（*Pinus nigra* Arn.）和北美黑松人工林。英国在海岸沙丘地区设有 42 个自然保护区，其中约一半为国家级的。

波兰于1768年以后开始在格但斯克的海岸沙丘上用欧洲海岸草、刺槐（*Robinia pseudoacacia* L.）、欧洲赤松等进行固沙造林，直到1780年才取得一些成效。波兰波罗的海沿岸沙丘从1956年开始营造以欧洲赤松、欧洲山松为主的人工林。近年来，波兰海岸沙丘栽植欧洲赤松一直推进到滨海黄色沙丘。波兰现有海岸沙丘松树人工林面积达10万公顷。

葡萄牙的海岸沙丘多呈固定状态。沙丘造林以海岸松（*Pinus pinoster* Ait.）为主，仅在湿润丘间低地栽植白柳（*Salix alba* L.）、银白杨（*Populus alba* L.）、黑杨（*P. nigra* L.）等阔叶树种。

法国于1793年提出具有试验性质的固沙方法，1799年成立固定沙丘委员会，负责组织实施大规模的治沙工程。截止1865年，法国西海岸固沙和营造以海岸松为主的人工林面积为8万公顷。1850～1892年，法国西南部朗德省沙荒地区共营造以海岸松为主的人工林面积达70万公顷。

现在，法国海岸沙丘和内陆沙丘的海岸松人工林面积共有100万公顷，除生态效益、木材生产以外，是法国采集松脂的重要基地。

法国海岸沙丘多用草本植物和金雀花（*Cytisus scopariu* s (L.) LK.）固沙，而后，进行海岸松直播造林，显然这与湿润面温和的海洋性气候有关。

德国在1795～1814年间进行沙丘造林，因事先没有进行固沙而告失败。1820年开始在沙丘上设置人工沙障或种植欧洲海岸草，并栽植欧洲赤松和中欧山松（*Pinus montana* Mill.），获得成功。

奥地利从1770年开始用杨、柳等阔叶树种进行固沙造林，大多不能适应，1834年改用欧洲赤松造林，一举成功。

阿尔巴尼亚于1949～1951年间，在西海岸沙丘地段造林624公顷，欧洲赤松比加拿大杨（*Populus canadensis* Moench）长得好。

匈牙利最初在多瑙河和蒂萨河沿岸沙丘上栽植欧洲赤松和南欧黑松，常遭失败。后来采取接菌根和分层施肥的方法，解决了贫瘠沙地的问题，这两种松树都生长很好。

拉脱维亚从 19 世纪 30 年代开始进行海岸沙丘固沙造林工作。100 年来的实践证明，先后在沙丘地区栽植的黑赤杨（*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn）等多种阔叶树种，除较为肥沃的湿润地段以外，都生长不起来。适于海岸沙丘造林的树种主要是欧洲赤松、北美短叶松（*Pinus bankiana* Lamb.）和中欧山松。

立陶宛从 19 世纪开始进行固沙造林工作。如今，海岸沙丘和内陆沙丘地区以欧洲赤松为主的人工林，面积达 6. 8 万公顷。

欧洲东南部分固沙造林有 200 年历史。100 多年的实践经验证明，第聂伯河下游沙地单相沙丘地段最适宜的造林树种为欧洲赤松，其次是克里米亚松（*Pinus pallasiana* Lamb.），任何阔叶树种是不适应的。顿河沙地从 19 世纪 70～80 年代开始进行固沙造林。先后在沙丘上栽植过多种阔叶树种，一般在头几年生长还好，长到 3. 5～4. 0 米高的时候就趋于干枯了，生长最好的为欧洲赤松及克里米亚松。

里海西岸伏尔加—库马河沙地和切里克—库马河沙地年雨量为 200 毫米，属于半荒漠地区。这里在丘间低地营造的克里米亚松，35 龄时平均高度 10. 3 米，平均胸径 20. 4 厘米，生长健壮。

那伦沙地地处伏尔加—乌拉尔沙地的西北缘，年雨量 240 毫米，为半荒漠地区。这里从 1892 年开始在丘间低地进行造林。除一些阔叶树种以外，在地下水深 1～3 米的丘间低地所营造的团块状欧洲赤松丛林，在远离林分 250～300 米的无草或弱生草丘间低地里，能天然下种更新，以致使人感到惊奇。这里 40 龄欧洲赤松人工林，平均高度 16 米，平均胸径 23 厘米，生长茁壮。

北非摩洛哥、阿尔及利亚和利比亚等国家的海岸沙丘，阿尔及利亚上高原的绿色坝建设工程地带，造林树种主要是地中海白松（*Pinus halepensis* Mill.）。

南非（阿扎尼亚）在沙地上引种湿地松（*Pinus* elliottii En-

gelm.)，生长很好。

美国早在1739年就注意到风沙危害问题。美国海岸沙丘和内陆沙丘通常以松树建立稳定植被。对于海岸沙丘的固定，一般在临海的一侧设置木桩栅栏，以阻截沙滩上吹来的风成沙，形成前丘，并在前丘上种草，在第二沙丘栽植灌木，第三列沙丘及其后侧沙丘辅以人工沙障栽植固沙植物和松树。在美国大西洋沿岸东北部及五大湖沿岸地区，固沙植物主要是土著欧洲海岸草、美洲海岸草（*Ammophila breviligulata* Fern)、美国沙丘草（*Elymus mollis* Trin)、海滨香碗豆（*Lathyrus japonicus* Will)、从美国中部引入的沙芦草［*Calamavilfa longifolia* (Hook) Scribn］及灌木沙樱桃（*Prunus pumila*）。沙丘造林树种为北美短叶松、美国赤松（*Pinus resinosa* Ait）及引入的欧洲赤松。在大西洋沿岸东南部，固沙植物为狗牙根［*Cynodon dactylcn* (L.) Pers.］、卡罗来纳杨梅（*Myrica carolinensis* Mill）及金雀花，沙丘造林树种主要是火炬松（*Pinus taeda* L.)、加勒比松（*P. caribaea* Morelet）和长叶松（*P. palustris* Mill)。

在美国西部太平洋沿岸、哥伦比亚南端，一般种植欧洲海岸草以建立前丘。在固沙造林地段先栽植金雀花，后栽植北美黑松及海岸松和奥地利黑松［*Pinus nigra* Arn var.a *ustriaca* (Hoess) Ba doux］，过去曾栽植过红赤杨（*Alnus rubra* Bong)、柳树等阔叶树种，因生长很差，如今不再用了。在西海岸西南部，通常种植海岸草，以建立前丘，前丘形成后，在内侧的沙丘地段上辅以人工沙障栽植辐射松（*Pinus radiana* D. Don)、海岸松、大果柏（*Cupressus macrocarpa* Hartw)、宽叶金合欢（*A cacia latifolia*）、蓝桉（*Eucalypt* us g *lobulus* Labill）等树种。

在美国中部大草原地区，由于农垦和人为活动所形成的风蚀地，初期种植沙生须芒草（*A ndropogon hallii* Hack)、沙鼠尾粟（*Sporobus cryptandrus* A. Gray）及沙芦草固沙，而后栽植西黄松（*Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws)。

智利西海岸中部，年雨量在500毫米以上，这里海岸沙丘及

其他生境造林从1884年开始引种北半球松树，其中以辐射松生长为最好。1944～1970年间，营造的辐射松人工林面积达86.4万公顷，成为智利人工林的主体和森林工业的基础。

乌拉圭海岸沙丘造林，北部用湿地松（*Pinus elli ottii* Engelm.），南部用海岸松都生长良好。

在亚洲，日本海岸沙丘造林始于1616年。经过几百年的实践，沙丘造林以黑松（*Pinus thunbergii* Parl）为最好。现在的海岸人工林主要由黑松组成，刺槐、大叶赤杨（*Alnus firma*）等阔叶树种仅占10%。

哈萨克斯坦北部威尔沙地、乌尔卡奇沙地和大巴尔苏克沙地，地处半荒漠带，年雨量150～240毫米。这里于本世纪初在湿润丘间低地营造的欧洲赤松团块状林，生长很好，一直保存到今天，其中在威尔沙地还能在未造林的丘间低地天然下种形成丛林。

澳大利亚于1876年引种辐射松，以后相继引种海岸松、湿地松、火炬松及加勒比松。现在，南部和西南部亚热带地中海气候区海岸沙丘一般栽植湿地松，西部热带海岸沙丘多栽植加勒比松。

新西兰引种的辐射松，30龄高达40米，胸径50厘米。在新西兰北方的沙地上，如今主要营造辐射松林。内陆沙丘上引种欧洲赤松、海岸松和辐射松，都生长很好。

总之，全球半干旱、半湿润和湿润地区，无论温带或亚热带海岸沙丘和内陆沙丘的造林树种，主要是松树，而阔叶树种仅限于水土条件较好的隐域性生境。

（二）

我国在沙区植松也有多年历史。其中福建省长乐县潭头镇元岱村，于1934年在沙丘上栽植的马尾松（*Pinus massoniana* Lamb.），24龄时平均高度10米，胸径16～19厘米；沙丘迎风坡风蚀露根深53厘米的立木，生长仍很正常，无枯梢现象。我国从50年代大规模开展治沙工作以来，各地都先后进行了松树引种造

林试验，并且都取得了显著成效。

辽宁省彰武县章古台地区结合固沙于1954年引种油松（*Pinus tabulaeformis* Carr.），1955年引种樟子松，随后在大一间房村流动沙丘区借助于植物固沙营造了一片以樟子松为主的试验示范林，生长很好，沙丘上部26龄立木平均高8.3米，胸径14.4厘米；沙丘下部28龄立木平均高10.4米，胸径14.3厘米。这片樟子松人工林正在进行疏伐，可望成材。在章古台的影响下，科尔沁沙地、嫩江沙地和整个东北地区从60年代开始在沙地上营造樟子松及油松人工林。其中内蒙古哲里木盟奈曼旗年雨量为366毫米，沙丘上部樟子松人工林15龄时平均高3.2米，胸径4.5厘米，生长健康，而在相同的沙丘部位上，小叶杨（*Populus simonii* Carr.）却生长不良，趋于枯死。

河北省坝上地区和山西省雁北地区正在积极推广樟子松。河北省引种樟子松以塞罕坝林场为最早（1963）年，1980年6～7月份持续干旱，西部沙地16龄以下的兴安落叶松（*Larix dahurica* Turcz）人工林旱死1.3万公顷，而樟子幼林却安然无恙，于是该场在西部沙地（属浑善达克沙地南缘）和东部石质山地阳坡大力营造樟子松林，现有成林面积达1万公顷。山西省大同市、朔州市及忻州地区的风沙地区，在50～60年代营造的以小叶杨为主的人工林，多形成“小老树”，随后在沙地、沙黄土丘陵及瘠薄山地引种推广樟子松。仅大同市、大同、左云、右玉等县现有人工林面积达1.8万公顷，普遍生长很好，14龄高3.5～4.0米，胸径5～6厘米。

陕西省榆林地区和内蒙古伊克昭盟子60～70年代在毛乌素沙地所栽植的樟子松及油松，都已成林，其中樟于松22龄时高7～10米，胸径18～22厘米，一般比油松生长势旺。

内蒙古乌兰布和沙漠北部垦区、甘肃省河西走廊和新疆绿洲地区所营造的小面积樟子松试验林，新疆阿勒泰地区和平原绿洲于1964年引种的樟子松，都生长很好。

山东省夏津县西沙河沙岗上于1989年春引种的2龄樟子松

苗，不埋土越冬，第5年接近郁闭。

江西省南昌市厚田和岗上地区于60～80年代在滨河沙丘上所栽植的马尾松、黑松和湿地松，都生长很好，其中，湿地松生长迅速，7龄时高达5.5米。

海岸沙丘地区，山东省及其以北栽植的黑松、油松和樟子松，福建、广东、广西和海南先后引种的湿地松、加勒比松、黑松，都生长很好。其中：湿地松在福建南屿林场40龄时高达27.3米，胸径26.6厘米；加勒比松在湛江、合浦等地10龄时高达9～10米，胸径14～15厘米。

就正在大面积推广的樟子松而言，从50年代特别是三北防护林体系建设以来，三北地区先后引种推广已成林面积达30公顷，其中黑龙江、吉林、辽宁三省为20万公顷，其他省（区）还多为零星分布的试验示范林。与此同时，呼伦贝尔草原沙地上的天然残林，其中红花尔基与巴日图一线1956年有林面积仅8866公顷，主要通过封育和防火以促进天然更新，现有林面积扩大到12.8万公顷；1987年以来，伊敏河东岸莫和尔图—苇子坑—五棵松—锡尼河—红花尔基一线和海拉尔河南岸地带先后封育残存樟子松涉及的面积为12.4万公顷，现已成林达2.4万公顷。呼伦贝尔草原沙岗上的残存樟子松树群、散生树及孤立木，现在每年以6000公顷的天然下种成苗速度向邻近地段扩展，占据沙丘和沙质草原，不能不使人感到惊奇。在海拉尔和南屯地区，1975年以来在沙质草原上所营造的樟子松人工林，20龄时已见天然下种幼树。总之，东起呼伦贝尔草原和嫩江沙地，西至新疆阿尔泰山的阿勒泰地区，无论沙地或其他瘠薄土壤，无论平原和山地，樟子松都能生长。在半干旱区沙地不受地下水影响的显域性生境，杨树等软阔叶树种通常生长不起来，而樟子松却生长得很茁壮，一般都能成林和成材。

（三）

国内外长期的实践经验证明，半干旱、半湿润和湿润地区海岸沙丘和内陆沙丘造林都应当以松树为主。这是因为沙地贫瘠，持水量低，阔叶乔木树种一般苛求土壤肥力，且不耐旱，在沙荒地区得以正常生长，仅限于丘间低地和地下水位较高的沙质土壤地段；复维管束松树不苛求水土条件，适于沙丘和沙地生长。软阔叶乔木树种多为速生树种，初期生长快，不过，如果生境条件差，则往往萎缩不振，可能长成“小老树”，主干弯曲多枝杈，枯枝枯梢。松树也为速生树种，仅初期生长较慢，但在阔叶树种不适宜于生长的沙丘地段，松树造林一过5～7年，年高度生长量一般在30～40厘米以上，湿地松一类松树甚至到70～80厘米。

三北地区正在大力推广樟子松，必将取得成效。这是因为从总体上讲，对这一地区发展樟子松取得共识，上下意见一致，积极性都很高；樟子松无论在育苗或造林方面，技术上是比较成熟的；呼伦贝尔盟红花尔基樟子松母树林基地及其一些母树林园可提供足够的种子，种源不缺乏；强化政府行为，不造樟子松，国家不予投资。

这里应当强调指出，在三北沙区推广樟于松的同时，黄淮海平原黄河故道沙地、江西省南昌市河滨沙地和沿海沙丘地区，根据各地已有的松树造林经验，也应大力发展适合当地气候条件的乡土松树和外来松树。我国植物治沙历史较短，国外半湿润和湿润地区海岸沙丘和内陆沙丘几百年来以松树为主的固沙造林经验，是在一再挫折中总结出来，值得借鉴，再不能走弯路了。

我国从北往南，从东往西，各地带沙区都有适应当地气候条件的松树，有的地区可用于沙地造林的松树多达数种。其中国产者有樟子松、油松、赤松、长白松（*Pinus sylvestris* L. var. s*ylvestriformis* (Takenouchi) Cheng et C. D. Chu）、兴凯湖松（*P. takhosii* Nakai）、黑松、马尾松和高山松（*P. densata*

Mast)；引进者有黑松、加勒比松和湿地松。

国外用于沙地造林的主要松树约20种，我国基本上都引进来了，在非沙地生境上，生长正常，可在引进区的沙地上进行造林试验，为下一世纪扩大沙地松树造林的种类作准备。

参考文献

1. 刘恕等．阿尔及利亚绿带，世界沙漠研究，No. 1. 1982.

2. 中国科学院，中国植物志编辑委员会．中国植物志，第七卷．北京：科学出版社，1978.

3. 吴中伦等．国外树种引种概论．北京：科学出版社，1983.

4. 赵兴梁等．樟子松．北京：农业出版社，1963.

5. 赵文智等．西藏雅鲁藏布江中游下段沙地植被研究，中国沙漠，No. 1.，1994.

6. Д ж. китрецж，1951. Влияние леса на климат почвы и водный режим，Нзд ил.，Географгиз，Москво.

7. F. van der Meulen e tal.，1989 Persspectives in Coastal dune Management，SPS Academic Publishing，The Nethrlands.

8. H. Hagedorn et al.，1977，Dunde stabilization，GTZ，West－Germany.

9. A. G. Babaev，1986. Principles and merhods of shifting sands fixation，Centre for international Proiects GKNT，Moscow.

阿拉善盟沙生中药材开发利用前景广阔

杨力生　陈玉林

阿拉善盟位于内蒙古自治区最西部，总面积 27 万平方公里。境内有著名的巴丹吉林、腾格里、乌兰布和三大沙漠，面积 7.9 万平方公里，占总面积的 35.9%，沙漠化土地面积 3.4 万平方公里，占总面积的 12.6%，其余为戈壁、山地，分别占总面积的 33.7%、12.5%，加上干旱、缺水，较好的牧、农用地为数不多。

阿拉善盟年平均降雨量 40～110 毫米，而年蒸发量是降雨量的 10～80 倍。由于常年干旱少雨，沙源丰富，风力强劲，这里是典型的土地沙漠化强烈发展区。植被以旱生、超旱生的灌木、半灌木及耐旱的沙生草木植物为主。就在这个严酷而特殊的自然环境里，生长有珍贵的苁蓉、甘草、锁阳、苦豆子、麻黄、罗布麻等多种沙生中药材植物，其中尤以苁蓉、甘草、苦豆子为主要优势。全盟生长有苁蓉寄主——梭梭灌木林约 53.6 万公顷，甘草 4 万公顷，苦豆子 10 万公顷，年产鲜甘草 70 万公斤，鲜苁蓉 200 万公斤，面积大，产量高，质量好，历来是国家的集中产区和基地之一，加上贮量丰富而尚未大规模开发利用的苦豆子、锁阳等，阿拉善盟沙生中药材具有广阔的开发利用前景。

苁蓉（*Cistanche deserticola* Y. C. MA.）列当科，别名大芸，是寄生在梭梭根上的多年生草本植物，是一种滋补营养中药材。早在《本草纲目》、《本经》、《本草求真》诸药典中均有记载。《神农本草》将与大补元气、安神生津的人间良药人参并列为上品，故有“沙漠人参”的美称。

甘草（*G. uralensis* Fisch）豆科，多年生草本植物，据记载我国约有10种，其中分布在荒漠地区约6种，而以甜甘草为药用正品。阿拉善地区分布的是甜苦草。在我国是中医常用的中草药，用做镇静剂和解毒剂，也是重要的出口药材。近年来国内外又利用甘草生产甜味素，做为砂糖和糖精的替代品，用做甜味科和调味料，还常作为调制香烟等的香料用，用途日益广泛，经济价值越来越高。

苦豆子（*Sophora alopecuroides* L.）豆科，别名苦甘草、苦参草、苦豆根及西豆根，为多年生草本根茎地下芽植物，是一种药用价值很高的中草药，在阿拉善荒漠大面积集中成片分布。苦豆子全株味极苦，性寒、有毒，具有清热解毒、抗菌消炎作用，民间用其根治疗喉痛、咳嗽、痢疾及湿疹等。我国药典1977年版及部分地方药品标准已将“苦豆子片”加以收载，主治菌痢及肠炎。

一、阿拉善盟近年来开发利用沙生中药材情况

近年来，阿拉善盟在钱学森同志建立沙产业理论的指导下，根据1991年全国治沙工作会议确定的“统一规划、分工负责，因地制宜、综合治理，防治并重、治用结合，突出重点，讲求效益”的工作方针，围绕治沙工程，立足保护，以扩大沙生植被为中心，坚持防、治、用结合；着眼为改善沙区人民的生产生活条件，脱贫致富，安居乐业，达小康服务，开始了沙生中药材的保护、合理开发利用和研究。目前，除苦豆子、锁阳等沙生中药材尚未规模开发利用外，苁蓉、甘草两种中药材已全面面较规范化的开发利用。

阿拉善盟在沙生中药材的开发利用中主要做了以下几方面的工作：

一是保护为主，坚持围栏封育复壮更新，恢复扩大和提高原有的沙生中药材面积和单位产量。结合治沙保护植被工程，采用钢网围栏和利用柽柳平茬更新枝干筑扎围墙，共围栏封育6万公

顷，在许多地区遏止了乱牧、乱采滥挖现象，使沙生中药材资源得到了有效地保护。

二是开展了沙生中药材的人工种植试验。阿拉善盟为了扩大和提高沙生中药材的面积和产量，组织科技人员实施科技攻关，经过数年的努力，攻破了梭梭根部人工种植苁蓉的难题，填补了国内空白；通过围栏封育和补播、补种等人工促进技术措施，复壮和更新了苁蓉寄主——梭梭残林。这些研究成果都获得了国家有关部委的表彰奖励。除此，在试验与生产同步进行边试验、边推广实施的情况下，近两年又开展了甘草育苗移植栽种，截根扦插种植、直播种植试验，在试验区内取得了育苗移植三年亩产鲜草1500公斤，扦插种植三年亩产鲜草300公斤的初步成果。摸索出在干旱荒漠地区人工培育甘草的经验，掌握了第一手资料和数据。

三是初步开始了沙生中药材的开发利用。额济纳旗是阿拉善盟最偏远的一个旗，1991年在内蒙古自治区治沙工作会议上被定为中药材试验示范区后，制定了规划，有组织、有计划、有步骤地开始了甘草的开发利用，1992年生产鲜甘草17万公斤，1993年、1994年连续两年每年生产鲜甘草50万公斤；阿拉善左旗保健饮料厂、阿拉善左旗酒厂，以天然苁蓉为主要原料，配伍枸杞、锁阳等19味中药，开发和大批量生产保健药品苁蓉酒系列专利产品，被列入国家级“星火”项目计划，第二代产品——苁蓉养肾口服液，已通过了专家鉴定，正与日本、香港等地的投资商洽谈合资共建事业。苁蓉酒系列，专利产品问世10年来，已先后获得多项国际国内大奖，饮香全国，远销美国、日本和东南亚等地；吉兰泰盐场生物工程公司，是目前国内最大的、率先利用沙区湖盐资源从盐藻中提取生产天然胡萝卜素的企业，已研制、开发、批量生产出天然胡萝卜素晶体、天然胡萝素油悬浮液、天然胡萝卜素胶丸，既可用于开发新药物和保健食品，又可做为食品着色剂和营养强化剂，填补了国内空白，达到了世界先进水平，1991年荣获国家“七五”科技攻关重大成果奖。

二、在阿拉善盟发展沙生中药材产业之管见

阿拉善盟地域辽阔，沙漠、戈壁、山地就占总土地面积的五分之四，加上干旱缺水的局限，较好牧用地和可耕地极少，为了改善沙区人民的生产生活条件，脱贫致富达小康，繁荣沙区经济，应从顺天时、量地利、应物性的客观实际出发，扬长避短，发挥优势，在发展沙生中药材产业方面多做文章，下大力气，这是振兴阿拉善盟经济、增加群众收入的一条很重要的途径。

基本思路是：围绕治沙工程，坚持治理保开发、开发促治理、治用结合的原则，以围栏保护，开发利用，种植培育苁蓉、甘草、苦豆子、盐藻为突破口，带动其他沙生中药材的开发利用，实现阿盟沙产业经济的繁荣发展。

按照这个思路，在当前和今后的实施过程中，必须十分重视和抓好下列几方面的工作：

1. 因地制宜、合理规划，确定苁蓉寄主——梭梭、甘草、苦豆子等沙生中药材保护区，采取围栏封育和人工补种补播的办法，促进天然资源的复壮更新，维护资源平衡，实现永续利用。

2. 有组织、有计划、有步骤地轮歇轮采，完善和坚持合理的采挖制度。甘草坚持隔带采挖，采粗留细，采密留稀，采后覆土的原则；苁蓉坚持地块轮换，挖后回填挖坑的原则。建立健全严格的采挖档案、卡片制度，杜绝无证乱采滥挖，破坏资源。

3. 在沙生中药材保护区范围内建立环境监测点，定期监测中草药与整个植被消长变化演替动态，一旦发现消退、沙化苗头，要采取果断措施，加以治理，保护资源的永续利用。

4. 依据草畜双承包责任制草场的划定，积极鼓励牧民在自己草场范围内有围栏保护等条件的地方自己采种，自己种植，自己收获甘草等沙生中药材。同时，鼓励牧民适度利用，千方百计扩大中草药面积和综合利用价值。

5. 建立沙生中草药培育、种植基地。选择适宜的地方，建设

几个培育、种植沙生中药材基地，实行科学管理，规范化集约经营，发挥示范作用。

6. 采取自办、合资、合作等方式，引进资金、技术、人才，创建几个沙生中药材加工的“龙”型企业，向深加工、精加工方向发展，创造“拳头”产品，提高经济效益。同时，建立健全综合服务体系，逐步形成产供销一条龙的发展沙生中药材产业的格局。

7. 积极主动与大专院校、科研单位联系，选派素质好、事业心强的人员外出进修培训，学习沙生中药材种植、培育、加工方面的知识，培养造就自己的专业人才。

三、几 点 建 议

1. 近年来，从祁连山流入额济纳河的水量，由于上游大面积的垦荒，发展农业，用水量急剧增加，致使注人额济纳河的来水量由 60 年代的 8. 2 亿立方米/年锐减至 2～4 亿立方米/年，有的年份甚至枯竭，造成额济纳旗植被死亡，绿洲大面积缩小，导致这个集中产区的苁蓉、甘草等沙生中药材严重退化和消失，而且已经威胁到额济纳旗各族人民的生活与生存。建议国家有关部门与甘肃省协商，确定一个合理的分水方案，保证下游地区所需，拯救绿洲，保护生态环境。

2. 阿拉善盟是国家重要的沙生中药材集中产区，近年来由于资金困难，沙生中药材的开发与种植工作只是刚刚起步，特别在深加工、精加工方面几乎还是空白。阿盟发展沙产业的潜力很大，建议国家有关部门结合治沙与水保及环境工程，给予必要的投入和扶持，建立地类、药种不同的沙生中药材开发、培育、实验示范区，促使其尽快发展。

3. 胡萝卜素、螺旋藻是阿拉善盟特定环境中的产物，开发利用前景很大。建议国家有关部门在财力、技术上给予必要的扶持。

沙产业开发首先要营造农业防护林刍议

赵 宗 哲

（中国林业科学研究院林业研究所）

一、沙产业开发中的奋斗目标

干旱、半干旱沙漠及沙漠化地区，因其自然地理特点，形成了农业生产发展的限制因素，导致极为严酷的生态环境，乃决定了这些地区天然植被的稀疏。由于当地居民四料缺乏和生活能源的供应不足，使值被更遭破坏，实为造成沙漠化的主要原因。在沙产业开发中，必须保护这些地区的植被，保护其生态环境，保证永续开发利用沙区丰富的自然资源，为祖国人民创造更多的财富。因此在沙产业开发中，应该注意发展农、林、牧、副、渔业，这将是我们当前的奋斗目标。

（一）沙产业开发首先要林业先行

50年代初，新疆军垦区南北疆农、牧业生产经验是：在沙漠戈壁绿洲和草原，没有林业就没有农牧业。只有建立防护林，改善了这里的农业生态环境和生产条件，才能获得农林牧齐丰收。林业部治沙办公室资料表明：全国以治沙为主的造林面积已达1000万顷，使10%的沙漠化土地得到治理，20%的沙漠化土地得到逆转。而且还从沙漠中开发农田130余万公顷。过去受风沙危害低产不稳农田1100万公顷，因有了防风固沙林保护，粮食增产10%～20%。过去盐渍化、沙化和牧草严重退化的900万公顷荒漠和半荒漠草原，因封沙育草，产草量增加20%。

我国的沙漠戈壁和绿洲草原地区，主要农业灾害是风蚀和水蚀，造成水土流失，吹走农田肥沃表土，吹掉或埋没作物幼苗和植株；流沙填塞水井，埋没房屋、道路和渠道，严重影响农牧民生产与生活。草原牧 区的黑灾与白灾，常使牧 区畜群受到严重损失。但过去居住在这里的农牧民，却盲目地、不自觉地大面积破坏自然植被和灌木疏林，因面破坏了赖以生存的自然环境，也毁掉了自己的家园。因此，沙产业开发就是要保护沙区的植被，保护这里的生态环境。在沙漠戈壁、绿洲草原的农牧区，要治沙防沙、要减灾防灾，必须种树种草，我们长期以来，获得了经验是：沙产业开发，首先要营造农业防护林。

（二）积极发展稳定优化的生态农业

过去我国沙区开发利用，以农业发展的成绩较为显著，如河西走廊、河套地区和东北等地。在建国初期，新疆军垦区天山南北的各大农场，都在开荒造田，平整土地，修渠筑路，进行农田基本建设，实现了田、渠、路、林、农机等统一规划。在各农场的辽阔范围内，围绕方田的排灌渠，机耕道，主副林带，既各自成网又互相结合。整块农田，都在综合防护林体系庇护中，形成干旱荒漠地带稳定的良性的绿洲农业生态系统，大都发展为粮、棉、油生产的基地。

在年降水量仅 300 毫米又无灌溉条件地区，旱作农业没有保障，不可采取广种薄收的粗放经营方式。因这些缺水少肥的沙区，作物产量肯定很低，再采取粗放经营方式，粮食不可能多收。因此必选用抗旱耐贫瘠的乔灌木树种，营造农业防护林，实行草田轮作，改土培肥，开辟水源，采取节水措施，选用抗旱作物品种等集约经营方式。

（三）科学地经营畜牧业

过去我国沙漠草原地区畜牧业的主要特点，首先是靠天养畜的传统思想。牧民们认为草原牧场辽阔，有足够的牧草；其次是游牧，半游牧的传统自由放牧方式，走到哪儿吃到哪儿，吃完了再换地方；第三是逐水草而居的传统流动生活。由于长期地进行

这样畜牧业的生产方式，乃致天然草场利用中，出现了超载过牧，引起草场普遍退化。正由于靠天养畜，经营粗放，饲料不足，加以我国西部和北部牧区干旱、风沙、暴风雪、严寒等自然灾害频繁，因而牧区长期摆脱不掉夏饱、秋肥、冬瘦、春死亡的厄运。

建国以来，畜牧业生产有一定发展。但目前我国畜牧业仍是农业中的一个薄弱环节。生产虽有发展，但速度不快、不稳定、产品率也低。草原牧区生产的主要问题：一是牲畜头数有较大量增加，但忽视对草原的保护与建设，草畜量比例失调。二是草场因超载过牧而退化，最终造成畜产品减少。为了扭转这种恶性循环，首先要积极营造草原牧区的牧业防护林，还必须加强草原管理与保护，使草原有休养生息机会，尽快恢复提高草原的生产力。为逐步改变靠天养畜的局面，尤须加强冬春草场管理与建设，合理利用天然草场，并建立一定面积的集约化人工草场。人工草场一般可比天然草场的产草量提高 5～10 倍。在草原牧区除利用饲草外，还应扩大木本饲料林的开发利用。

二、沙产业开发中营造农业防护林刍议

（一）农业防护林的解释

农业防护林是以林木群体组成为带状、网状、片状等形式，以改善微域气候条件，保护农业生态环境。具有防灾、护田、增产作用的多种防护林和有关林种，所组成的一系列保护农业生产的林业整体，我们称之为“农业防护林”，或“综合防护林体系”。

农业防护林不同于“农田防护林”，也不于一般所说的“防护林体系”。因为综合防护林体系还包括有一些其他林种（详见沙产业专辑，第 119～121 页．1991，11.）。

（二）农业防护林设计原则

1．解决农业生产、农民生活关键问题

（1）防御农业自然灾害：在我国北部和西部沙产业开发中，农业自然灾害有风暴、干旱、干热风、冰雹、霜冻、盐渍化，以及

牧区的黑灾，白灾等。其发生季节、频度、程度等，均应为农业防护林设计时的参考和依据。

（2）解决农村四料供应：我国各地农区急需的四料，基本上是供不应求的，尤其是沙漠戈壁及沙漠化地区，农牧民聚居的村镇，四料供应更为紧迫。故在农业防护林设计中，首先要考虑四料林树种的选用。

2. 发挥优势，扩大多种经营

在沙产业开发中，要注意发挥当地农、牧业生产中的优势因素，以扩大多种经营，调整农业经济结构。如南北疆盆地边缘地区盛产瓜、果、葡萄、核桃、巴旦杏、梨、苹果、中草药等等。又如湖泊、淖尔、河川、水库等处的水生动植物，以及和田等地的养蚕、织地毯等优势副业，在设计农业防护林时，对林种、树种的选择，乔、灌、草的配置等，均须加以权衡。

3. 立足当前以短养长

与农、牧、副、渔业相比，林业则生产周期长、收效晚，故单纯营造防护林带，难以调动群众的生产积极性。为使林业达到速生、高效应，短期内获得最大经济收益的目的，应建立以短养长、长短结合的三度林业结构。实行乔、灌、草结合，用材树种与经济树种相结合；充分利用林内空隙地，栽种瓜、果、蔬菜、中草药等经济价值较高的植物，以求在开始经营的当年或1～2年内，即能获得经济收入，必能赢得农、牧民的热烈欢迎。

（三）农业防护林规划设计要点

1. 划分立地类型，评价立地质量

农业防护林的规划设计，一般是在土壤和林木调查基础上，寻找影响林木生长的主要因子，从而划分其立地类型，编制立地类型表，据以进行立地质量评价，并决定各防护林种及其他林种和乔灌木树种。

2. 农业防护林的主要林种

（1）农田林网：农田林网分主林带与副林带。主林带一般迎主风向设置，副林带则基本与主林带成垂直而组成林网。一般多

沿方田边缘、渠道和道路两侧隙地栽植主、副林带。

（2）农林间作（林粮间作）：在风沙盐碱低产农田实行林粮间作，可以使农作物受到抗逆性强的乔灌木的庇护，能避免或降低农业自然灾害的影响，从而获得林粮双丰收。这在我国1400年前北魏贾思勰的《齐民要术》中已有记载。现在我国的桐粮、枣粮、柿粮间作等，已广为人民欢迎。林粮间作略分三种形式，以桐粮为例，其一是以桐为主的形式，为盐渍化低产田所采用。每公顷植泡桐300～400株，株行距为5×5米。其二为以粮为主的形式，多在土壤条件好、自然灾害也不严重的农田采用。每公顷约植45～75株，株行距3～6×20～50米。其三为林粮并重形式，此在一般土壤条件差，自然灾害较明显的农田所采用。每公顷约植195～225株，株行距4～5×10～15米。

（3）种植园防护林：强风、风沙、寒潮、霜冻、冰雹等，都能严重损伤各种果树、瓜类及经济植物等的开花结实与正常生长，造成重大经济损失。因而必须营造果园及种植园的防护林。

（4）道路防护林：为保护路基、路面，防止风沙、飞雪、暴雨侵蚀，烈日曝晒，维护交通运输安全，保证延长道路（含铁路）使用期限，优化自然景观，应在道路两侧，营造道路防护林。道路防护林也是一项巨大木材资源。据实测，集约经营的15年生的林带，每公里可获木材100～150立方米。

（5）渠系、河川、水库、湖泊等防护林：在排灌渠、河川、水库、湖泊、淖尔等岸边及其周围地区，营造乔灌木防护林带。由于林木根系固持堤岸土壤，增强其抗水蚀作用，并因降低风速，乃减弱风浪对堤岸的破坏。据湖北省汉江防浪林报导材料：在4级风时林外江面浪高15厘米，最高30厘米，而林内则大部分为5厘米，最高不超过15厘米。林外流速为0.5米/秒，林内一般为0.1～0.2米/秒，接近静水状态。防浪林在迎水面有防浪固堤作用，既避免岸边土壤塌陷，又防止污浊泥水流入水库、水渠，防止淤塞，延长库、渠使用年限。此外西北、东北部分沙区，在渠系、河川、水库等附近由于地下水渗漏造成土壤次生盐渍化，营造堤岸

防护林可减少渗漏水，降低地下水位，防止土壤次生盐渍化。

堤岸防护林的经济效益也很可观。如湖北省潜江县水利局介绍：该县百里长堤上的防护林，开始营造时是以堤养树；2～3年后林带稍有收益，即能以树养树；待林带长成则能以树养堤。一切堤防上的水利开支，全赖林带收入而尚有余。

(6) 牧业防护林：按照防护对象及防护要求，牧业防护林的林种略分为：草场防护林、养殖场防护林、天然草地放牧场防护林、疏林草地的树伞、木本饲料林、牧区居民点防护林等。

沙漠戈壁的条件愈恶劣，一些木本饲料植物的灌木成分比例往往越大，例如梭梭、白刺、沙拐枣、沙枣等。这些木本饲料植物的蛋白质含量多、营养价值高。它们的枝干燃烧力强，也是良好的薪炭材。它们生长在干旱荒漠地区，一般具有强大根系，不怕风蚀露根，也不怕流沙埋覆，并耐土壤干旱、贫瘠、严寒和酷热。它们大都生长茂盛，寿命长、产量高，耐小兽啃食，适应平茬且生长更旺盛，应有目的的栽培。在水源条件好的地方，还应栽培一些速生而营养价值较高的乔灌木树种，如杨、柳、榆、桑、刺槐、紫穗槐等和适生的果树。

(7) 渔业防护林：从广西省4座水库的渔业产量来看，库旁植被多则产量高。如灵东水库和大王滩水库的管养条件虽很好，而植被条件很差，则渔业产量就低。而澄碧河水库和青狮潭水库的管养条件虽属一般，但由于植被条件好，其单位面积的渔业产量，却比前两者高出1倍。因此渔业防护林的营造是很必要的。

一般适宜养鱼的池塘、淖尔、河渠、水库等，营造岸边防护林时，宜选用耐水湿、具浓郁树冠、树叶富于营养、能充做饵饲的树种，如旱柳、桑、杞柳、紫穗槐等。既可护岸固堤、保护水域清洁，又为鱼类创造良好环境。

营造渔业防护林，应和养殖水生植物相结合，这样可预防水质污染，收到吸毒作用。因而筛选抗毒和吸毒性强的水生植物种类，是维护湖水常清，保证水生植物繁茂的重要措施。

(8) 村镇绿化：村镇是农区群众的聚居点。由于现代工农业、

乡镇企业、农村工副业和交通运输业的发展，在沙产业开发中，对农、牧民聚居的村镇绿化，进行统一安排略如次述。

①环村林：为防风沙、粉尘等污染和噪声影响，保护居民区清洁与安静，应利用环村道路和隙地，营造环村的带状、片状等隔离林。

②行道树：村镇内主要街道两侧，应栽植行道树。较窄街道或胡同小巷，可栽植单行树。

③庭院绿化：夏日为防烈日酷暑，庭院内宜栽植针阔叶乔灌树种。房前以花木、果树为主，或搭置藤本花木棚架。冬季为防风保温，屋后可栽植常绿或落叶乔灌木树种。

④风景林木：村镇公园、广场空地，以及风景名胜和旅游点等，可配置风景林木，以供居民业余散步和作休憩娱乐活动场所。

⑤其他如厂矿区绿化，果树区、经济林、用材林，以及大小片林等，都可列入农业防护林规划设计之内。

⑥庭院经济生态林业模式：农、牧民在自己庭院内，利用闲散空地，从事林—果—草—牧等立体林业经营；这种模式的范围虽小，但经营集约，收效快、收益高，颇受群众欢迎。

庭院经济特点：其一为简便易行。利用家中老人妇孺的早晚闲暇时间，进行适度管理，灵活性强，稳定可靠。其二是范围小，易掌握技术。瓜果蔬菜的栽培、禽鱼小兽的饲养，劳动强度不大，技术容易掌握；各项劳动时间可互相穿插，不误农时；细心作业，集约性强。其三庭院经济生态林业经营，可以保持庭院整洁、环境优美、空气清新，保证家人健康卫生。在自己庭院内劳动，很少受到政策变更的影响。

谨将庭院经济生态林业模式略述如次：第一为果树型，河北省遵化县大安口村马荣武家 4 人，在 0. 8 亩庭院内，利用 0. 5 亩种红果 73 株，葡萄 15 架。1988 年产红果 4250 公斤、葡萄 250 公斤。又利用空隙地种葡萄苗 1000 株，利用 0. 04 亩盖猪圈，年产肥猪 5 头。总收入年 6500 元。第二为果牧型，河北省迁西县兴城镇新河山村张兴新家，庭院中可利用面积 0. 8 亩，建一个 0. 12

亩池塘养元鱼100尾。池边种葡萄，葡萄架为元鱼遮荫，清池肥施于葡萄。1988年产葡萄150公斤，元鱼收入9000元。第三为立体型，遵化县刘备寨乡村子村徐世文，利用面积约0．5亩，庭院内种葡萄38架，红果14株，树下种姜。1988年产葡萄300公斤，收入300元；红果收入100元；产姜650公斤，收入2975元，总收入3375元。

3．农业防护林的主要参数

（1）林带结构：我国沙产业开发中，一般农田林网的林带结构，宜采用疏透结构。其透光度为0．3～0．4，透风系数为0．3～0．5。但果园及种植园等防护林带，则采用紧密结构。

（2）林带方向：有些国家如美国、丹麦等国，没有林网只设林带，故特别强调主林带方向必垂直于主风向。如偏角超过30°，则有效防护距离大为缩短。故设计防护林带时，必先掌握主要害风方向。

我国结合农田基本建设，进行田、渠、路、林统一规划，组成规整的南北向或东西向的方田和渠、路、林网。70年代经内蒙古赤峰林科所，以及中国林科院林研所和中国科学院地理所协作，在河北、上海等地研究证明：正方形或长方形网格能有效地阻挡来自各方向的害风。并指明主风向与林带的交角，直接影响防护效能；而主风向与林网的交角，其影响防护效能并不突出。

（3）林带宽度：实践与研究证明，林带的防护效果，并不一定与林带宽度和林木行数成正比。因而纠正了过去以为林带愈宽愈好的错误看法。

现在农田林网大都栽植于田、渠、路三边隙地，一般以3～5行效果较好。各地多采用一路两渠4行树，或仅为2～3行的林带，只要树势健壮，管护合理，就能构成理想的疏透结构。

林带横断面外形，以矩形断面优于屋脊形断面。因其背风面有一较大风速降低区。又在一定范围内，林带高度与有效防护距离成正比。故营造林带时宜选用生长快、高大健壮的树种。

（4）林带间距

农田林网的主副林带间距，关系网格面积和形状。决定带距的因素有土壤条件，害风频率及速度，林带结构、高度和有效防护距离，以及农业机械化程度等，均应在事先审慎考虑。

经过各地实践和总结经验：一般风害区的壤土、沙壤土耕地，主林带带距 200～250 米，副林带带距约 400 米，则每网格为 8～10 公顷（120～150 亩）。至于风速大、风沙灾害严重耕地，主林带带距可 150～200 米，副林带带距约 300 米，则每网格为 4.5～6 公顷（约 70～90 亩）。对果园及种植园等则主副林带带距均较小，每网格面积约 2～3 公顷（30～45 亩）。

参 考 文 献

1. 中国林学会. 沙产业专辑. 北京：中国科学技术出版社，1991.
2. 赵宗哲. 农业防护林学. 北京：中国林业出版社，1993.

甘肃省河西地区沙产业实验区

——甘草人工种植、天然封育及其开发利用

韩泽民　吕爱香

（酒泉地区林业处）

酒泉是我国甘草的主要产区。1990 年地区制定了 50 万亩甘草基地建设规划，目前已封天然甘草 40 万亩，人工种植乌拉尔甘草 3.5 万亩，年甘草商品产量 300 吨。据调查，人工种植的 4 年生甘草（梨园内间作），平均亩产 1073.7 公斤，年亩纯收入357.9 元。全区现已建成的甘草基地总贮量约为 2.3 万吨，折合经济价值 4600 万元。发展甘草不仅有较高的经济效益，而且能保护植被，防风固沙，改善生态环境，具有良好的社会效益和生态效益。只要做到协调持续、合理地利用沙漠土地资源和植物资源，以开发促建设，以建设保开发，增加应用科技成果的比重，使科技与生产相辅相成，互相促进，一个新型产业——沙产业的崛起，是完全可能的。

为此，就甘肃省河西地区沙产业实验区甘草开发利用的必要性、可行性及发展前景陈述一孔之见。

甘草是中西医最常用的药物，年购销量居各种中药之首。它也是防风固沙和改良盐碱地的重要植被种类之一。由于近年来采挖量迅速增加，甘草资源已面临枯竭状态，因此科学管护、合理利用我区现有 43 万亩天然甘草资源，卓有成效地应用推广现有人工栽培甘草的科研成果，是解决供求矛盾的根本途径。

一、甘草资源的分布及其利用价值

全球共有甘草13个种。我国有8个种，除山东、河北、山西、内蒙、河南及宁夏有少量分布外，沙区的5种甘草主要分布在河西走廊和新疆的准噶尔盆地、塔里木盆地。其中酒泉是沙区几种甘草的交汇区，成为甘草品种资源分布最多的地方，年产量约占全省50%。

甘草除具有特殊的药用价值外，还被广泛地应用于食品、烟草、化工、印染、化妆等领域。如以甘草为原料提取的甘草酸单铵盐（纯度98%），具有特殊的甜味，甜度为蔗糖的250倍，可作天然的甜味剂，还可作乳化剂、防腐剂、抗菌抗氧化剂等。此外，甘草的茎叶亦具较高的营养价值，是发展养畜业的良好饲料。由于甘草具备极强的抗逆性，所以它除能在极端干旱的沙荒地上顽强地繁衍生息并起到一定改良土壤的作用外，还可在含盐量高达24．8%的盐碱地上生长发育（胀果甘草耐盐碱的极限值）。就笔者所知，在干旱荒漠地带的沙生植被中，集三个效益于一身者，非甘草莫属。

二、甘草生产的历史和现状及甘草资源封育、开发的必要性

近几年，酒泉地区甘草年采挖量已超过百万公斤，野生甘草资源储量逐年减少。1983年甘草采挖收购量达到300多万公斤，为1950年的近400倍，远远大于甘草生长总量，甘草资源的采挖利用已到了“竭泽而渔”的境地。250年前清乾隆二年《肃州新志》记载“甘草开紫花，大者如椽，随处皆有”的景观早已不复存在，且野生甘草植被严重退化，质量大幅度下降。据调查，酒泉地区主产甘草的金塔县，1957年至1982年26年间甘草年收购量增长35．1倍，特等甘草年产量反而降低37．5倍，特等甘草

占年产量的比重，1957年为28. 5%，1982年仅占0. 8%，下降了35. 53倍；一等甘草1957年占年产量的47. 95%，1982年只占8. 5%，下降了5. 63倍，然而三等甘草及毛条甘草则分别由1957年占年产量的10. 77%、10%急剧上升到1982年的25. 9%和22. 4%。

显而易见，由于野生甘草年采挖量大大超过年生长量，不仅数量、质量上不能满足市场需要，而且自然资源贮藏量大幅度下降，招致资源日趋减少，生态平衡遭到严重破坏。因此，对天然甘草资源进行严格的封育管护，实属势在必行。

三、建立人工甘草基地的可行性

甘草抗寒耐热、耐干旱性很强。在绝对最高气温达47. 6℃，绝对最低气温达－47℃，年平均降雨量在30毫米以下，空气湿度在30%以下的干旱荒漠气候条件下，一般植物都难以忍受，甘草却能生长的很好。

甘草还是一种抗盐性很强的植物。其中胀果甘草、黄甘草耐盐性更强。胀果甘草耐盐最高极限为24. 8%，最适为2%～3%；乌拉尔甘草耐盐性稍差，耐盐最高极限为9%，最适为1%～2%。

酒泉各主要内陆河中下游，洪积冲积的扇缘地带是甘草主要分布区，也是盐化草甸、荒地资源主要分布区。酒泉地区有宜农荒地276. 8万亩，其中50. 4%为不同程度的盐化土壤，有机质含量在0. 8%以下。农作物耐盐性差，耕作层盐分含量达0. 2%即有影响，达0. 3%以上，玉米、大豆、小麦等农作物生长、产量就会受到影响。全区每年都有盐碱化低产农田撂荒弃耕，盐碱地含盐量均在1%以上，不经人工脱盐无法利用。

根据酒泉地区荒地资源调查统计，全区有近40万亩盐分含量为1%～5%的盐化草甸土荒地可直接开垦利用种植甘草。33.6万亩盐碱二潮低产农田，经济效益很差，这些荒地及低产农田用来种植甘草，则是真正做到扬长避短，物尽其用，可以把这些土地

潜在的生产力挖掘出来，使其创造出巨大的经济效益。酒泉地区如能达到种植甘草 50 万亩，4 年后收获，按今年实际调查数，年亩纯收入 400 元计算，50 万亩人工甘草每年所创的经济效益达 2 亿元。

正如《肃州新志》所记述的，在酒泉甘草的确是“随处皆有”分布甚广的地道药材。田间、渠沿、路边甚至居民院落都有甘草的踪迹，提起甘草真是老、幼、妇、孺无人不知，无人不晓。推广人工种植甘草的科研成果及至建立栽培基地，有着广泛的群众基础。

酒泉是我国沙区甘草诸品种交汇分布区，构成我国商品甘草的四大品种这里都有资源分布，既有能适应温带干旱气候的乌拉尔甘草和光果甘草，又有能适应暖温带干旱气候的胀果甘草及黄甘草，可根据不同的气候土壤类型条件进行甘草人工栽培品种选择方面的研究，满足其对生态环境条件的要求，这是建立稳产、高产商品生产基地的重要基础及前提。

沙荒地及盐碱低产农田主要分布的各河流中下游，地下水资源丰富，甘草可利用其庞大的地下根系，直接吸取地下水，只是一年生幼苗需灌水 3～4 次，以后逐年减少。在四、五年的生产周期中，其灌溉用水总量只是一年生农作物用水总量。在水土资源这两大生产要素上都与河西商品粮基地建设没有多大矛盾，而且各得其所、相辅相成。因此，甘草种植基地建设，既投资少、效益好，可为商品粮基地建设积累资金，又可提高植被覆盖度，防风固沙，改善农业生产条件，有利于商品粮基地的建设。

综上所述，在酒泉地区建立人工甘草基地，不仅具备了天时地利人和的有利条件，而且一些捷足先登者种植甘草（尽管经营十分粗放）所获得的可观效益，为这一工作的开展，展示了广阔的发展前景。

四、实现甘草产业化的设想

甘草为沙产业的一大开发项目，在酒泉已被群众所认识。为使其在起步阶段就能沿着生态经济型的方向，尽快达到“两高一优”的目的，在科研方面主要解决：

1. 通过乌拉尔甘草的提纯复壮，以提供产量（根）的种子。大力搜集甘草之王——铢心甘草的原始材料，通过组织培养的方法，建立良种繁育区，扩大优良品种的种植面积。

2. 在认真总结区内外甘草种植经验的基础上，增加应用科技成果的比重，制定甘草种植规程，使甘草种植标准化、经营集约化。

3. 组装配套有关最新的科技成果，开展甘草缩短采挖年限，延长永续利用周期的试验。

4. 开展甘草根、茎、叶、种子的综合利用研究。

在经营体制方面，应尽快组织现有已形成生产规模的厂家（如玉门市下西号乡的甘草浸膏厂等，已具备年产100吨甘草浸膏供出口的能力），经营单位（连片种植1000亩以上的国营、集体场、站）、科研推广单位（地区林科所、林业站等），由行政部门组织协调，形成科研—推广—经营—加工—销售一体化经济联合体，使甘草生产产业化、系列化。

近几年以来，酒泉地区人工种植甘草面积迅速扩大，天然甘草封育后所显现的奇特效果，使人们深深感受到，从昔日的甘草大战（滥挖）到今天的大种甘草热（经营）这一认识上的飞跃，必将大大促进甘草产业化的进程。一个新型产业——沙产业的兴起，将指日可待。

沙产业的理论与实践[1]

奈民夫（那顺）　张奎璧

（内蒙古林学院治沙系）

1984年钱学森教授提出的“沙产业”这一概念已经10年了。我们在这一理论指导下，1986～1989年研究的“奈曼旗复合生态经济系统分析与调控研究”通过鉴定；1989～1991年国家自然科学基金项目“应用系统工程方法治理沙化草地的研究”（编码号：68874039）已完成，即从1989年开始在内蒙古荒漠化草原（苏尼特右旗）、典型草原（镶黄旗、奈曼旗）和森林草原亚带（科左后旗）进行了各种综合治理模式的试验研究。1992～1994年推广这两项研究成果，已推广到5盟8个旗的18个苏木（乡）。这两个研究成果到目前为止累积直接经济效益增值达5.7亿元（按1980年不变价），粮食增产累积达5亿公斤，生态效益（按日本1972年计算法）达47亿元。

一、综合治理模式的试验研究

我们在内蒙古自治区选点时，考虑了自然特征（海拔高、土壤肥力、水利条件、土壤侵蚀模数、植被盖度），社会经济特征即（1）社会特征（人均耕地、人口密度、人均牲畜、畜均草地）；（2）经营结构（农林牧副渔收入比重、粮豆作物面积比重、经济作物面积比重）；（3）集约程度（每亩机械马力数、每亩猪头数、

---

① 国家自然科学基金项目编号为：68874039

耕地复种指数、每亩草地产量数、载畜量)；(4) 生产水平(粮豆单产，人均产肉、毛、奶、皮量)；科学文化素质、18个农牧民户生活习惯等因素。

思路上，以人为主体，环境为客体，人类经济活动为中心，自然资源为基础，遵循着“资源⇆人类⇆环境”循环模式中，不同自然地区、不同类型的社会经济结构、不同的生活方式，不能一刀切，采用“对症下药”，从科学文化素质低的农牧民易懂、易掌握、易培训、易普及做为出发点，设计和实施不同自然地段，建立18个治理模式。

传统的沙地农业循环模式是以小农经济思想指导下，肥料少、灌溉少，生产环节没有形成，缺少加工环，市场流通环；没有防护林带和种草改土，是一种短期行为、掠夺式的农业生产方式。这种模式对环境污染很大(见图1)。

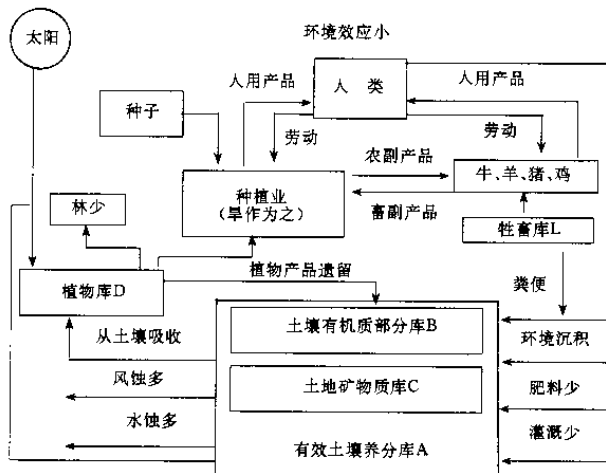


图1　传统的沙地农业循环模式

(一) 以　农　为　主

1. 粮—草—林；2. 粮—菜—林；3. 粮—果—草—林；4. 粮—林—菜—药；5. 粮—林—牧—渔。(见图 2)

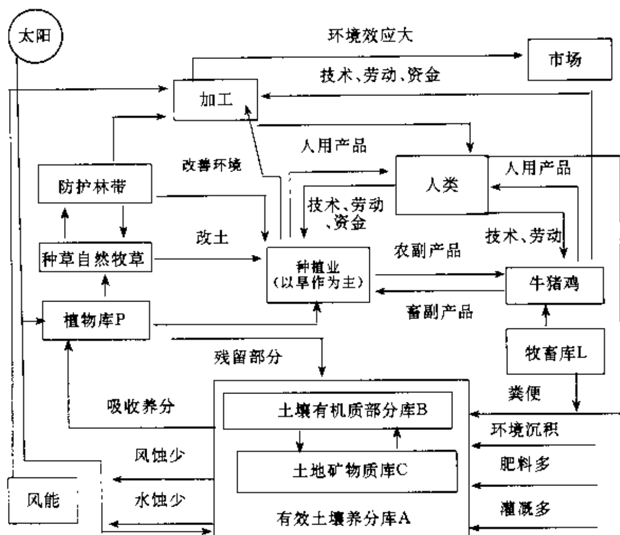


图2　以种植业为主的生态经济良性循环模式

(二) 以林为主地区

6. 林—粮—药；7. 林—食用菌—草；8. 林—渔—粮；(图 3)。

(三) 以牧为主地区

9. 草—饲料—林；10. 饲料—林—渔；(图 4)。

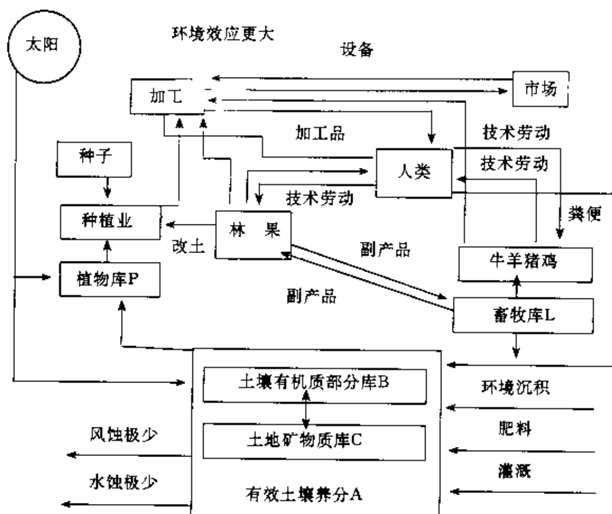


图3 以林果为主的生态经济循环模式

（四）庭院建设生态型模式

以庭院为主体的“五小— 一井— 一能”的庭院生态经济模式。“五小”即小菜园、小温室、小果园、小饲养场，小加工厂；“一井”即一个压井；一能，即太阳能或风能和沼气取其一。

11．粮—菜—畜—渔；12．粮—畜禽—沼气；13．粮—猪—加（豆制品）；14．林—粮—牧—草；15．林—果—菜—菇；（图 5）。

（五）饲草加工模式

16．牧草—草食家畜—粪便—鱼—肥料；17．牧草、饲料—家畜—屠宰下脚料—家畜—粪便—沼气—肥料；18．农副产品—食用菌—菌糖饲料—家畜—粪便—沼气—肥料。

这样设计和实施，改变农牧民经营规模与生产方式：由单一经营转向产业化、规模化、工厂化；由自给自足转向社会化、商

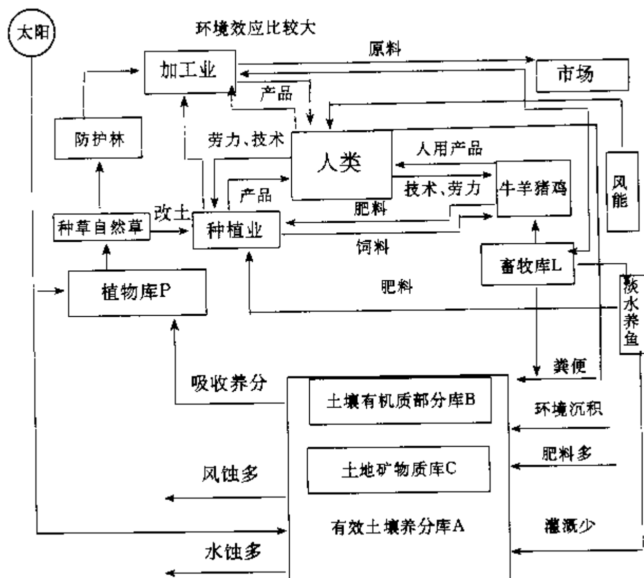


图4　以畜牧为主的生态经济循环模式

品化。

二、资源多次开发的五个配套技术

1989～1991 年我们分别以科左后旗、奈曼旗、镶黄旗、苏尼特右旗共 18 户牧民的家庭牧场为试验地，进行了 18 种综合治理模式的试验研究。并在这四个自然地带调查 364 个样方，建立 46 个定位观测点，采用对比调查跟踪观测方法，确定草地资源退化、沙化分级系统。18 户牧民年均经营大小畜 2129 头（只），总草地面积 5343．7 公顷，其中退化、沙化面积 4491．44 公顷，可利用草地面积 864．26 公顷。

图5　庭院为主"五小一池一井一器"
生态经济良性循环模式

草地沙化的后果主要是引起生态系统失去平衡，草地生产力不断下降，根据我们的实践，改良沙化草地、恢复草地生产力，主要有五个方面的配套技术的组装、优化。

（一）营造防风固沙林

在风大、沙多的草地上建草库伦17个处，面积达159．8公顷；营造防风固沙林带面积达19.18公顷，大小不同的林网34个，林带总长4．92公里。防护林一定要适地适村。在低洼丘间地上以旱柳、紫穗槐、沙棘为主；在沙地和沙丘以杨、榆、松、沙棘、小叶锦鸡儿、杏树为主；丘间地种豆科牧草，如草木樨和沙打旺。顺着与风向垂直的方向建立乔、灌、草"塔型"林草带，其中乔木4～5行，在乔木两侧各种1～2行灌木，林木行间和两侧种植5～8米宽的牧草带。林带风格分别为200米×200米、300米×300米、400米×400米。乔木株行距2米×3米．灌木为1米×

1 米。栽种时要深开沟、挖大坑、严培土、踩实保证成活。

（二）水 利 改 良

沙化草地春旱严重，3～5 月份降水量仅占全年的 10%，必须补充灌溉才能进行造林、种草、农耕。为此我们在试验地打 14 个小塑料管井和三眼深水井。同时对林网、渠网、路网和农田统一设计，使水、林、路、田在整体上形成网络系统。

（三）培肥土壤方面

采取留茬过冬，秸杆还田，畜粪覆盖，无壁犁耕作，带状耕作等耕作技术。同时种植草木樨，其后茬连续三年种植农作物，利用豆科后茬的肥力取得高产。再利用农、副、秸杆发展食草家畜，增加农家肥，达到以农养牧，以牧促农。春季浅耕或不耕，采取耕翻、整地、播种、镇压连续作业，以便抗旱保墒抓全苗；夏季深中耕，以便提高地温，增加通透性，接纳雨水，抗旱抗涝，提高肥效；秋不耕翻，板茬过冬。草原化荒漠、典型草原地带土壤冻结期一般 6～7 个月，土壤养分释缓慢，满足不了作物需要。为此我们采用按比例合理施用氮肥，保证稳产、高产、高效益。

（四）立体种植技术

实行作物间、套、混、轮种技术，如玉米、苜蓿、小麦间种；小麦、玉米、白菜、荞麦套种；大豆混种高粱。近几年每年播种面积达 45 公顷。速生丰产林套种农作物，果树套种蔬菜，每年播种面积 3.1 公顷；林、黄芪间作，每年面积达 0.4 公顷。另外，4 个试验区都建成 4 年 4 区粮草轮作模式，总面积达 26.5 公顷。种植模式为糜（黍）＋草木樨一玉米，大豆—玉米/谷子，大豆—经济作物。

（五）提高饲草料利用技术

积极推广饲草料加工利用技术，提高养畜效益，四年建成 4 个育肥牛、羊试验点，共累计育肥牛、羊 5422 只（头）。几年来，我们共贮 927.2 万公斤青贮饲料，氨化或糖化、碱化玉米秸杆 752.6 万公斤，加工骨料 3000 公斤，各种配混饲料 50 多万公斤。我们还根据“食物链”、“加工链”的内在联系，对饲草料进行多层次

加工利用，多次增值。

三、实施六大生态工程进行六大开发应用六项适用技术

1986 年哲里木盟奈曼旗是全国 273 个扶贫旗（县）之一，为了改变该旗规划和生态环境，实现生态经济分区规划和调整目标，1987—1991 年，在规划治理小流域、沙区、甸子区等，选择不同自然条件下农林生态示范点进行综合改造治理的基础上，在全旗范围内实施了六大生态工程，进行了六大开发应用六项适用技术。

（一）六大生态工程

1．防护林体系工程

全旗 5 年共累积造林 5～15 万公顷，其中营造速生丰产林 866．7公顷，固沙林 3．48 万公顷，种草面积达 1．61 万公顷，封山育林面积达 4．88 万公顷。

2．农田水利工程

全旗 5 年共打大中小井 5094 眼，配套机电井 2986 眼。

3．水土保持工程

全旗共营造水土保持林 1．58 万公顷，种草面积 5533．3 公顷，新修梯田 2800 公顷，新增水平坑、鱼鳞坑、谷坊各种工程量达 755 万立方米。

4．农田基本建设工程

全旗新增畦田面积 1．28 万公顷，水浇地面积达 4．49 万公顷。

5．环境保护工程

全旗新增治理流沙面积达 7．48 万公顷，水土保持治理面积 2．42 万公顷。

6．农村能源动力工程

全旗共改造炉灶 1．6 万个，保护天然植被 1．91 万公顷。

（二）六 大 开 发

1. 生态带开发

根据该旗地理位置、特点，发挥当地生态优势，将过去把全旗农业区别分为甸子地区、沙区和山区三个经济类型，重新划分为四大类型、八个亚区，因地制宜发展农、林、牧业，防止了盲目开发。1988年开始，逐步将耕地面积由1987年的12．91万公顷压缩到8．93万公顷，有3．95万公顷换林换草。

2. 土地系统综合开发

充分利用山地新增水保面积达2．42万公顷，保土面积19．4万公顷，难利用沙地7．47万公顷。发展林业和草业。已开发养鱼面积6453公顷/座，水产品产量每年817万吨。

3. 农林立体开发

利用土地及其空间，配制多层次的农林作物，提高综合生产力。乔灌草结合达3．48万公顷，草农菜间作3333公顷，农作轮种、套种和混种4．13万公顷。

4. 生态位开发

在微观生物群落中，运用生物共生互利原理，在过去比较单一品种的生物群落中，引进适当新品种以提高系统的生产力，如稻田中养鱼266．6公顷，林地发展耐荫药材156．6公顷。年产食用菌1．5万公斤，使食物链网络化。

5. 废物资源化开发

如投资155万元建1座灰砂砖厂，年产值达180万元；建5处沙场，年销5万余吨，变害为利，农闲变为冬忙。1991年农村牧区就业人数达2644人，占农村劳动力的22．1%。1987～1991年之间安置1250名待业青年，全旗农牧区剩余劳动力转移挖沙、拉沙、卖沙。调整了产业结构，巩面提高第一产业，第二、三产业有了较大的发展壮大。

6. 加工工业系列开发

建7座木材加工厂和1座木材综合厂。共生产胶合板1200平方米、刨花板9000立方米和纤维板1400立方米，木材利用率由12．3%提高到40．2%。

通过实施六大生态工程，进行六大开发，该旗改善了生态经济系统恶性循环的状况，粮食总产量由1986年的1.33亿公斤升到1991年的2.48亿公斤，家畜总数由1986年的64.3万头（只）增加到1991年的86.3万头（只），人均粮食产量由1986年的381.3公斤增加到1991年的777.06公斤。使该旗成为内蒙古自治区扶贫粮食生产和林业生产先进单位，并跃人全国林业生产先进单位和治沙先进行列。

（三）六项适用技术

我们在1992～1994年，总结18个治沙模式、沙化草地治理实施中采用乔灌草结合、农林牧协调发展，草地资源多层次开发的五个配套技术和治理奈曼旗复合生态经济系统时，实施六大生态工程，进行六大开发，应用六项适用技术的基础上，内蒙古自治区呼盟阿荣旗六合乡、向阳峪乡；兴安盟科右中旗大沁他拉苏木、坤都岭苏木；哲里木盟科左后旗的额莫勒苏木、乌顺艾里苏木、伊胡塔镇、朝鲁吐苏木；库伦旗的额勒顺苏木、茫汗苏木，奈曼旗的固日班花苏木、章古台苏木、巴戈波日合苏木、八仙筒镇；锡盟镶黄旗的新宝力格苏木、苏尼特右旗的桑他拉苏木；伊盟乌审旗的戈鲁吐苏木共5个盟8个旗的18个苏木的规划设计，推广应用这些技术和理论，贷款300万元，绝大部分正在运行中。其中六项适用技术为：

1. 太阳能利用

通过绿色植物充分利用太阳能，加速物流（植物、动物、微生物之间的循环）和能流（太阳能转化为生物能和化学潜能）在生态系统中的动态过程，建立时间上多序列，空间上多层次，项目上多样化的农牧林生产结构，增加系统稳定性，提高产值率。另外还直接利用太阳能照明、太阳能灶、塑料温室等。我们在试验点上建4个ZNT-11型太阳灶，每个采光面积1.5平方米，匹配太阳能电池，晴天时，光能利用率2085kJ/h。又建82.4公顷，926个塑料棚温室，内蒙古植物生长期为5～8个月，植物枯黄期一般5～7月。温室内一年四季青菜收获4～5茬。

2. 风能利用

内蒙古自治区，锡盟镶黄旗苏尼特石旗和伊克照盟乌审旗的戈鲁吐苏木等新建了成果推广区，购买1600台（1～10千瓦）小型风力发电机，连接蓄电池，分散居住的农牧民收、听、看的问题得到解决。

3. 沼气的利用

沼气池的建设与推广对于农牧区的能源建设、肥料建设、净化环境、保护人的身体健康具有重要意义。沼气又是系统能量转换，物质循环及有机废料综合利用的中心环节，也是联系初级生产者，初级消费者和分解者纽带。我们在试验点上做了4个。沼气池容量9立方米。建筑材料为砖、钢筋混凝土。北方冬季寒冷，管理不善。利用率不高。

4. 病虫害的生物防治

试验或推广区生物灾害猖獗，主要病虫草鼠害达120余种，畜禽传染病流行有42种，其中人畜共患的有8种。对农作物造成损失达25％。

采取的技术措施①加强良种繁育体系建设；②推广农业实用技术，即深翻改土技术；土壤培肥技术；轮作倒茬技术；优化组合规范化栽培技术；充分利用田间光热水气的间混套种技术；③病虫害的生物防治技术。利用天敌防治；利用作物对病虫害的抗性；耕作防治；不育昆虫防治；遗传防治；微生物杀虫剂等。

5. 规划设计

根据生态学“整体、协调、循环、再生”和生态经济学“共生互利”原理。用系统分析方法：①对规划地区进行生态经济状况调查与评价；②区域生态经济规划的目标选择；③区域生态经济结构的优化。区域生态结构、技术结构、经济结构的调整优化，重点是土地利用结构、产业结构的调整优化。实施的时候，农林牧 水副的五个配套技术的组装；进行六大生态工程，进行六大开发、应用六项适用技术。农牧民的普及、提高时，采用模式化形式培训。

6. 有机废料的综合利用

主要促进物质在系统内部的多次重复利用和循环使用，以尽可能减少系统外部的输入，增加系统产品的输出，提高经济效益。①食用菌栽培，②沼气渣养鱼。

四、在脆弱生态环境下创造沙产业在于培养人才

人才生态经济系统平衡指人才与人类群体、自然环境、社会环境之间的相互适应和协调发展。人才生态经济系统可归结为系统内物质、能量、信息的传递和交换，系统的进化以及系统的平衡机制三个方面。

1. 生物和人类的新陈代谢是人类、自然社会系统之间物质、能量交换的主要形式，人类通过物质、能量、信息的交换把自身和自然系统、社会系统紧密联系为一个有机的整体。

2. 人才生态系统物质、能量和信息交换是递过人才流动、知识传递、`智能交换使系统具有自我调节的能力，即自控能力，从而调节系统的结构，实现结构优化，进而产生最佳功能，这是人才生态经济系统的平衡机制。

3. 若系统达到最优阶段，则各种人才大量涌现，规模大、结构合理，自然环境和社会环境处于最佳状态，系统的功能最大。系统的经济效益最好状态。

人才是科技知识的载体，开发人类智力资源，就在于培养人才，合理使用人才，人才的规模越大，经济发展的后劲越足，人类文明发展的进程就越快。

科技人才的数量是衡量一个国家智力、人才资源开发、科技水平发展的重要标志之一。以1万人内，中级以上科技人员数量确定名次，全世界10个科技强国顺序如下：瑞士（400人），俄罗斯（395人），日本（353人），芬兰（345人），法国（204人），德国、加拿大、以色列、菲律宾等。而中国1万人中只有57名科技

人员，相对较贫乏，必须加强培养。

我们在内蒙古自治区5个盟8个旗的18个苏木(乡)的调查，农牧渔业劳动者占该调查区在业人口的89.2%，而大学毕业或肄业人数仅占0.2%，高中占16.3%，初中占21.2%，还有42.3%的文盲、半文盲。平均540公顷耕地只有1名农业专门人才，7565头（只）牧畜才有一名畜牧专门人才，14.8万公顷草地仅有1名专门人才。

内蒙古林学院1960年成立沙漠治理专业，1980年成立沙漠治理系，到目前培养研究生15名，本科生823名，专科生250名。“三北”地区的沙漠、戈壁、沙化土地有153万平方公里，培养专门人才是一个极为艰巨的任务。14.01万公顷沙漠面积，才有1名专门人才。哲里木盟、锡林郭勒盟、伊克昭盟分配来的126名治沙专业毕业生，有32%改行，46%在城市机关管理部门工作，只有22%的人在治沙第一线工作。

“沙产业”是一个脆弱自然生态经济系统中创新的工作，是自然资源承载能力极低情况下建设的复合生态经济系统，这就要求培养的人才，适应社会、经济和自然科学各个领域，是懂自然科学、社会科学和经济科学的多面手。

由上述可知，在缺乏专门人才，农牧民科学文化素质很低的情况下，建立“沙产业”，普及和提高的任务更艰难。近两年我们对18个苏木（乡）的干部、村干部、重点户，培训42次，3360人次。培训、普及、提高是很艰巨的任务，否则初建的“沙产业”前功尽弃。

对第一线工作的科技人员，应采取鼓励和吸引政策。例如，浮动工次2～3级，生活待遇上提高。选先进、劳动模范时，占有一定的比例。特别是在第一线科研的专门人才，他们在经费极缺，仪器设备落后，信息闭塞的情况下，搞出成果很不容易。在评审各级自然科学基金奖、科学进步奖、发明奖……时，应该另行规定，加大比例、名额等政策。

总之，脆弱自然生态环境，自然资源承载力很低，农牧民科

学文化素质很差，缺人才是一个重要原因。即便有了资金和技术，但没有观念新，能力强的人才，这些资金和技术也不会转化成新的财富。暂时没有资金、技术等硬条件，有了人才就可以去积极争取创造。创新沙产业，就必须千方百计培养人才，提高人的素质，以人的高素质带来经济文化的发展。

参 考 文 献

1. 陈述彭．资源开发与环境生态效应，地学的探索．北京：科学出版社，1990 年，299—320.

2. 奈民夫（那顺）等．奈曼旗复合生态经济系统分析与调控研究，生态经济．1990（5）、（6），1991（1）.

3. 奈民夫（那顺）．科尔沁沙地系统开发研究，生态农业研究，第 1 卷第 4 期．

4. 奈民夫（那顺）．应用系统工程沙化草地的研究，世界草地学术会议论文集“英文”，1993-8.

5. 中国生态经济学会．走生态农业道路促进持续稳定协调发展，生态经济．1991 年（4）.

6. 卞有生．生态农业技术．北京：中国环境科学出版社，1992.

7. 唐德章．人才生态系统的动态平衡及政策措施，生态经济．1990-6.

新疆沙产业工程及效益评估

周 兴 佳

（中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所）

我国著名科学家钱学森教授在1984年，第一次提出了“知识密集型的沙产业”概念。钱老认为，治沙、防沙，制止沙漠化工程也是沙产业的一部分。钱老尖锐地向我国从事沙漠治理利用的科学工作者提出了一个很值得研究的问题，即能不能让这16亿亩的沙漠戈壁每年也能提供几千亿元的产值呢?[1]近年来，钱老又进一步提出，不能绿化的沙漠才是真正的的沙产业基地[1]①。国务院经济社会发展研究中心马宾先生亦认为，研究沙漠沙荒的成因、防止、治理与利用问题，正确的对策应该建立在对沙漠和沙化地区的分类上。这本身即是沙业（沙产业）的构成部分[2]。

本文即遵循上述思路，就新疆80年代后期至90年代前半期，与沙产业开发有密切联系的沙业工程进展及效益作一初步评估。

众所周知，风沙灾害和沙漠化，是人类面临的许许多多自然灾害中的一种。处在干旱和极端干旱气候支配下的新疆，沙漠化问题也是十分突出的。新疆沙漠面积约42.3万平方公里（含3万平方公里沙漠化土地)，占我国沙漠总面积的59.2%。在新疆的87个县（市）中，就有53个县（市）有沙漠分布和风沙危害。新疆绿洲灌溉面积只有6万多平方公里，仅占新疆国土总面积的4%左右，许多绿洲处在被沙漠和风沙戈壁包围的状态下，特别是处于优势起沙风下风方向的绿洲，面临着土地沙漠化扩展蔓延、风

---

① 新疆日报，1993年2月22日，著名科学家钱学森提出建立我国沙产业。

沙灾害不断的极为严峻的形势。

据朱震达等初步估算，新疆沙漠化土地约3.05万平方公里，占全国土地沙漠化面积的17.27%。其中强烈发展中的沙漠化土地和严重沙漠化土地又分别占全国同类型沙漠化土地的32.13%和21.88%[3][4]（表1）。

表1　新疆沙漠化土地的分布及在全国沙漠化土地中所占比例（%）

地区	沙漠化土地（平方公里）				潜在沙漠化土地平方公里
	总面积（平方公里）	正在发展中的沙漠化土地	强烈发展中的沙漠化土地	严重沙漠化土地	
古尔班通古特沙漠边缘	6248	952	5296	—	2806
塔克拉玛干沙漠边缘	24223	2408	14200	7615	12960
新疆合计	30471	3360	19496	—	15496
全国	176442	80960	60677	34805	158000
新疆在全国的比重（%）	17.27	4.15	32.13	21.88	9.81

注：据朱震达等《中国的沙漠化及其治理》（1989），一书资料整理。

我们曾把近百年来新疆自然环境的变化归纳为“两扩大，三缩小”：即绿洲扩大、沙漠扩大、水域缩小、森林缩小、草场缩小[5]。

因此，在我们论述新疆的沙产业时，我们首先要论述新疆的“三北”防护林工程。

一、防止沙漠蔓延，阻止沙漠扩展，保护绿洲农田的“三北”防护林工程

1981～1991年，新疆按计划完成了“三北”防护林一期工程建设任务，二期工程建设也实现了时间过半完成任务过半的好成绩。10年共植树5亿多株，营造农田防护林保存面积600多万亩。87个县市和159个农业团场中，已有51个县市和98个团场实现了农田林网化。2500万亩天然次生林得到恢复和发展。草原林业

的发展使占全疆83%的4000万亩耕地得到了保护。新疆森林覆盖率由1%提高到1.24%。人工种草1000万亩，改良草场1500万亩，初步改善了环境，为新疆农牧业连年丰收建立了绿色屏障。以和田地区为例，据有关部门测定，农田林网内风速较空旷地减弱58%～71%，水分蒸分量减少58.3%，在农业增产诸因素中，农田林网化的因素占12%。

在准噶尔沙漠南缘，一道东起奇台，西至奎屯，横穿9个县的防沙基干林网，已初露端倪。这条全长400公里的地段，规划造林20万亩，林网面积100万亩。

从伊犁到阿尔泰的边境线上，一条宽20米至100米不等的国防边境林，已延伸百余公里，计划长度为230公里。

保护荒漠和沙丘植被与防护林建设相结合，构成了准噶尔沙漠南缘一个保护农田的绿洲防护体系。

塔克拉玛干沙漠南缘和田地区，截至1991年春，建成大型防风固沙基干林896.36公里，有农田防护林35万亩，有效保护农田235万亩；1992年，和田地区治沙造林7.169万亩，营造防护林9488亩，封育20万亩，治沙造田及改造低产田0.5万亩；如今（1994年）和田地区胡杨林已恢复扩大到250万亩，其中200多万亩是近15年来培育发展的（70年代末，胡杨林面积仅存30万亩左右）。

和田县分别在荒滩、绿洲、农田建设三道绿色屏障，用来防风治沙。现在第一道防线已有胡杨24万多亩，第二道防线有基干林带358公里，第三道防线有各类果树7万多亩，葡萄长廊667公里。每年夏天，和田县还进行引洪冲沙造田，近几年已引洪冲掉沙丘3000多个，造田5万多亩。目前，和田县绿洲覆盖率已达40.19%。沙害得到有效治理，基本实现了大农业生产的良性循环。早在1989年，和田县就被联合国环境规划署评选为全球500佳，并获金质奖章。

洛浦县已建成一条长155公里，宽50米的环绿洲大型防风阻沙“绿色长城”，成为控制沙漠推进，保护农牧业生产的绿色屏障。

在实现农田林网化后，又在风沙前沿重点营造多林种、多层次、乔灌草、网片带相结合的大型综合防护林体系。经过10年工程(1983～1993年)，搬运沙丘达376.6万立方米，运进客土119万立方米，栽树194万株。在和田地区第一个建成环绿洲防风阻沙林带。它的建成，可固定流动沙丘6万多亩，扩大耕地面积2.73万亩，保护绿洲农田40多万亩。

生态林向生态经济型转变是和田地区近年来治沙的一个新特点。各县（市）利用当地资源优势，开发杏子、石榴、核桃、红枣等名优特产品。1992年全地区种植经济林就达1.2万亩。过去居住在几乎与世隔绝的沙漠戈壁中的于田县兰干乡也大力发展园艺业。500多农民将本乡的葡萄干、杏干以及周围各县的干果收购集中起来，运到内地各大城市销售，被人们誉为沙漠中心出的一匹经商“黑马”。

近几年，在塔克拉玛干沙漠周缘乃至沙漠腹地，已建起487个规模不等的集贸市场。每天进入市场的农民和商贩达百万人以上。其中有不少维吾尔族农牧民将开发沙产业的产品拿到市场上进行交易，走上了脱贫致富的道路。

二、治理流沙，变沙漠为良田的工程

新疆生产建设兵团的172个国营农场，其中88个处在塔克拉玛干沙漠周边，有些团场甚至深入到沙漠腹地。40年来（1951～1991年），每年改造40万亩沙漠为良田，形成了“人进沙退”的可喜局面。

1983～1993年10年间，策勒县就从沙漠中夺回耕地1.2万亩；和田县近几年引洪冲掉沙丘3000多个，造田5万多亩；洛甫县10年（1983～1993年）搬运沙丘376.6万立方米……。这里，我们举出两个典型例子：

例1 策勒县大面积治理流沙试验研究

中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所的科技人员和策勒县策

勒乡农民、干部共同进行治理流沙的科学试验与推广。他们根据风沙流运动规律，有针对性地提出建立由拦沙河、固沙草灌带、人工灌木林、窄带多带式防沙林网组成的综合防沙体系。利用体系各组成部分连续削弱风力，拦截流沙，有效地控制了流沙的蔓延和就地起沙。在试验研究过程中，恢复天然植被15万亩，植被覆盖度由原来的3%～5%提高到50%～60%，建成综合样板田1.2万亩。

经过治理，解除了策勒县“沙临城下”的威胁，流沙从离县城1.5公里后退4～5公里；建立了万亩治理样板田，每年的经济效益达1232万元。经测算，试验区投入产出比为1∶7.5。

当年被沙丘盘据在地方，如今出现了大片的石榴园，共有5500亩。过去穷得出名的19大队9小队，现在成了策勒县的富裕村，小麦亩产400斤。

现在科研所的科技人员又在开展新课题“塔克拉玛干沙漠南缘绿洲过渡带生态综合治理技术及试验示范研究”。

例2 叶城县库木墩村人民“愚公移沙”变沙丘为良田的事例。地处塔克拉玛干大沙漠西缘的叶城县库木墩村，在10年前(1983年)，360亩地被282座沙丘和低洼的盐碱滩分割包围。沙丘大的有14亩左右，小的也有1亩多地。这个只有百余户的小村庄，年人均收入不足30元，曾有近半数的人家背井离乡到外地谋生。改革开放以来，人们奔富的愿望强烈，经过12年，用了20万人工天，终于搬掉了280座沙丘，填平了几十个大碱坑。现在百亩一块的19块条田出现在库木墩人面前。现全村人依托水利工程，种树发展生产，现在全村人均收入超过1400元，成为全县的首富村。

被人们誉为大漠绿洲原子城的马兰，过去是“天上无飞鸟，地下不长草，风吹石头跑”的沙漠戈壁。中国人民解放军战士们硬是用年均每栽一棵树，运土0.3立方米，浇4担水的苦办法，仅在1982～1985年，挖土石方20多万立方米，浇水26.4万担(投入25万个劳动日)，在不毛之地上栽树126.1万株，成片林

2842亩，其中果园1404亩，花池5.2万平方米，草坪2.09万平方米。建成了风景优美、令人向往的绿色乐园。

三、塔里木农业灌排及塔里木河流域环境保护一期工程（简称塔里木工程，下同）

这是一个世界银行贷款项目，总投资为11.07亿元人民币，其中引进世界银行贷款为1.25亿美元。塔里木工程包括叶尔羌河流域、渭干河流域水利工程，农业开发及塔里木河流域保护3个子项目工程。项目工程区波及9个县，改造低产田和开荒计划面积达300万亩。1992年至1996年为项目正式执行期。

面对水资源的日益紧张和生态的恶化，沙漠化扩展，塔里木项目工程的农业开发通过节水增加耕地灌溉面积和挖掘土地内部潜力达到增产增收目的。通过在塔里木河干流的上、中、下游建立三个综合生态及环境监测站和向下游的应急输水工程，抑制沙漠化的发展，改善环境。

截至1993年6月，渭干河流域累计开荒14.57万亩，占项目区计划开荒面积57万亩的25.56%，累计完成低改20.40万亩，占项目区计划面积82.5万亩的24.73%；叶尔羌河流域累计开荒面积24.23万亩，占计划面积63万亩的38.46%，低改面积34.10万亩，占计划面积的97.5万亩的34.97%。

塔里木河子项中的向塔河下游绿色走廊输水应急工程（塔里木河干流治理第一期工程）已于1993年7月正式启动。

围绕塔里木河下游土地沙漠化日益扩张，下游绿色走廊正被东西两大沙漠不断埋没的严峻局面，10多年来，国内许多学者发表了不少文章，呼吁挽救塔里木河下游生态与环境。

应急输水工程是一个包括法律监控、行政干预和大型水利工程的主体综合项目。目标是2000年恢复塔里木河下游通水，向绿色走廊输水3.56亿立方米。项目总投资1.85亿元。

目前正在进行的一期工程中的应急输水工程，它以行政干预

为主，辅以“控制上游用水，堵死中游主要跑水河道，疏浚下游河床”的10项水利工程，拟向大西海子水库以下紧急放水2亿立方米，以解救英苏以下绿色生命。这项工程估计将恢复162平方公里的植被，使400平方公里草场得到改善，并将极大地阻止库鲁克沙漠和塔克拉玛干沙漠合龙的趋势。值得欣慰的是，作者等早在1983年就提出来的塔里木河下游绿色走廊整治方案中的许多观点乃至一些主要措施都已反映在应急输水工程方案中。

四、阿勒泰地区2817项目工程

2817工程是世界粮食计划署（简称WFP）在中国的第42个援建项目，是新疆接受WFP的第一个援建项目。1988年1月1日为2817项目开工日。

根据协议规定，该项目在阿勒泰地区三县一市开发建设总面积为60万亩的牧草生产基地，其中种草46万亩，植树6.8万亩，其余为牧民住宅区、农田水利等用地。

用人工办法扩大草场，建设饲草料基地，是改变随着牲畜增长（1990年阿尔泰地区牲畜牧税数达376.2万头（只），相当于1949年的11倍），出现超载过牧，草场退化，草场随之减少。

经过5年多的建设，2817项目主体工程已基本完成，在一片被人称之为“阿克达拉”的不毛之地上，已开发出50多万亩人工草场，有5208户哈萨克族牧民在这里定居。

“阿克达拉”是阿尔泰山与乌伦古河之间一片戈壁的通称。哈萨克语意为“白色的荒砾”，它横贯阿勒泰地区中部和东部各县市，总面积1万多平方公里。

冬天，2817项目区，已实施舍饲和半舍饲的牲畜达6万头，这些牲畜冬季不仅没掉膘，体重平均还净增4～5千克。过去，一到秋末冬来之际，阿勒泰牧民就赶着大群牲畜拥向南边的古尔班通古特沙漠，给沙漠环境造成极大压力，而且在被雪覆盖的沙漠里因饥饿面体重减轻。随着2817主体工程的完成，这一情况正在得

到较大的扭转。

五、塔克拉玛干沙漠腹地“绿色希望”工程

随着塔里木沙漠石油公路的修建和塔中油田的勘探开发，一项被作者称为“绿色希望”的工程正在被人们称为“死亡之海”的沙漠腹地悄然启动。

1992年，中国科学院新疆生土所的科技人员在距塔里木河约41公里的塔克拉玛干流动沙漠边缘肖塘的荒漠龟裂土上，依靠生活污水灌溉，试种29种瓜果。试验的结果，各种蔬菜折合每亩地的产量都在1吨以上。其中，折合亩产5吨以上的有芥蓝和乌市的西红柿；4吨以上的有大白菜、油白菜、甘蔗、长茄子、西安的西红柿和西葫芦；3吨以上的有花菜、圆茄子和黄瓜；2吨以上的有芹菜、库尔勒的莴笋、心里美、黄萝卜和雪里蕻。

通过将流沙固定的生物措施初步证明，在塔克拉玛干沙漠北部的老塔里木河冲淤平原范围内，利用该区沙丘表层2米厚湿沙的水分扦插沙拐枣、栽植梭梭、白梭梭幼苗在无灌溉的情况下依靠当年50多毫米的降水条件种植，当年均可成活并正常生长发育。刺沙蓬、盐生草等一年生草本植物具有种子活性强，萌发期短和耐盐耐旱等特性，在沙漠石油公路的防沙固沙工程发挥了重要作用。

中国科学院兰州沙漠研究所在年降水量仅30多毫米的沙漠腹地（W40°07′，E84°21′），高大复合型纵向沙垅的垅间沙地，开展了建立人工生态体系的试验。1992年种植蔬菜69平方米，瓜类176平方米。用当地地下水进行灌溉（矿化度3．92g/l）。当年试种结果折合亩产分别为：番茄1931．5公斤、茄子1371公斤、辣椒400．2公斤，冬白菜2620．5公斤、胡萝卜1334公斤、豇豆55．6公斤、番瓜555.85公斤，西瓜1407．5公斤，甜瓜2012．5公斤。全部试验费约2万元。由于成本高，亏损还是比较大的（收支相比，亏损3000元）。

本文的最后一部分，我们再论证一下，有利于新疆沙产业开发的几个条件：

1. 新疆沙漠地区资源较丰富，为沙产业的发展提供了较充分的物质条件。

1987～1993年塔克拉玛干沙漠资源和环境综合科学考察业已初步查明：

在塔克拉玛干所处的塔里木盆地，常年有水的河流达144条，目前流入沙漠的河流有24条。

塔克拉玛干沙漠地下水总储量约8亿立方米。含水层厚而稳定，水位埋藏浅，透水性较好，属中等富水区。在众多低地及洼地潜水埋深多小于10米，含水层厚200～300米，且易于淡化处理。一些古河道还存有微咸水，可直接利用。

沙漠及周围地区动物种数270余种，其中兽类32种，鸟类180余种，爬行类13种，栖息类4种，鱼类44种。

沙漠中的25种53属73种植物，仅胡杨就有50余万公顷。多甘草、罗布麻等资源植物。

新疆沙漠戈壁地区矿产资源也极为丰富。据预测，新疆三大盆地地下油气储量分别占全国的四分之一和三分之一。塔克拉玛干沙漠腹地，以石炭系为主的储量超亿吨的塔中整装大油田已投入试开采。该油田油层总厚度在42～98米之间，预计到1996年将建成260万吨生产能力的油田。随着沙漠腹地油田的开发，石油工人企望在茫茫的沙海中能看到绿色。一个以塔4油田开发区为中心的沙漠绿化试验工程正由兰州沙漠所和新疆生物土壤沙漠研究所的科技人员承担下来，这是一项十分艰巨的沙产业工程。

2. 新疆交通事业的迅猛发展为沙业的发展提供了运输通道条件

1992年动工的全长1622公里的兰新铁路复线工程在1994年9月16日全线铺通。乌鲁木齐至库尔勒的南疆铁路在不久的将来将经过库车延至南疆最大的城市喀什，联系欧亚陆桥的开通，一个丁字形的铁路骨架正联系着新疆的东西南北。

更令人振奋的是全长295公里的塔中柏油公路建成并于1994年7月12日剪彩正式通车。这条公路有219公里，从北往南直穿塔克拉玛干流动沙漠，以塔四油田为终点。以塔四油田为中心的东西向公路也已建成17公里。沙漠石油公路的修筑，结束了“死亡之海”难进难出的局面，更为在沙漠腹地兴办绿色沙产业提供了非常方便的条件。

在结束本文的时候，作者还要指出，新疆沙产业的开发按照钱老的沙业理论，仅仅是处在起步阶段，即沙业的初级阶段。新疆的沙业开发一般还只限于在绿洲边缘水土生物条件比较好的沙漠地段，也就是说沙业是在能够绿化的沙漠戈壁上展开的，而且沙业开发手段还没有能脱离笨重的体力劳动，离钱老的“知识密集型的沙产业”，即通过利用全部科学技术的系统工程，综合利用（包括产后加工利用）相距甚远，现在已进行的工程只是沙产业的一部分。

新疆不能绿化的沙漠戈壁面积是很大的。作者认为，占塔克拉玛干沙漠面积约60%～70%的高大复合型沙丘沙垅主体是不能绿化的沙漠。钱老认为这才是真正的沙产业基地。看来，要建立真正的沙产业基地是任重而道远。正如钱老所说，沙产业属第6次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的，那时还要用生物技术这一现在刚露头的技术革命的成果。

雄关漫道真如铁，而今迈步从头越，让我们举起双手，准备用几代人的努力迎接第6次产业革命——沙产业开花结果之日的到来！

参 考 文 献

1. 钱学森. 发展沙产业大有可为，沙产业专辑. 北京：中国科学技术出版社，1991，4～5.

2. 马宾. 在沙产业研讨会上的发言，沙产业专辑，北京：中国科学技术出版社，1991. 8～10.

3. 朱震达、刘恕、邸醒民. 中国的沙漠化及其治理，北京：科学出版社 1989.

4. 夏训诚、李崇舜、周兴佳等. 新疆沙漠化与沙灾害治理. 北京：科学出版，1991.

5. 周兴佳、陈昌笃、文启忠等. 新疆干旱生态环境质量评价与环境保护战略，新疆生态环境研究. 北京：科学出版社，1989.

6. 周兴佳. 开发利用新疆沙漠资源，兴办沙产业的探讨，沙产业专辑. 北京：中国科学技术出版社，1991，98～104.

浅议“农业型知识密集沙产业”体系及盐池半荒漠风沙区沙产业体系建设

申 元 村

（中国科学院地理研究所）

1984年钱学森院士针对我国西北干旱、半干旱区面积辽阔，资源丰富面利用状况差的特点，提出建立“农业知识密集型沙产业”的建议①，把利用太阳能的产业从农业、林业、草业、海业推广到沙业，从而实现全面利用地球表层太阳能资源为人类繁荣和发展服务的目的，把人们容易忽视，甚或认为沙漠分布区域是人类禁区的谬误纠正过来。这是我们认识和利用资源上的一次革命，其意义无疑是十分深远的。实践证明，钱老的这一思想对于指导干旱、半干旱区域的沙漠治理和沙区资源的合理利用，实现环境、资源、人口和区域经济的协调发展有着现实指导意义。沿着钱老设计的这条产业路线奋斗下去，一个生态环境得到改善，资源开发合理、经济持续稳定发展的我国新西北一定能提前到来。由于钱老提出沙产业思想的时间还较短，其产业体系在我国仍然是人们并不熟悉和研究尚浅的命题，因面本文对沙产业体系的浅议难免含有片面性、不确切性甚至错误，敬请批评指正。

一、“农业型知识密集沙产业”特点及其技术体系

（一）特点

① 钱学森．发展沙产业大有可为，沙产业专辑．北京中国科学技术出版社，1991。

产业，按辞海的解释，是指各种生产的事业[①]。这里的所谓沙产业，则指以沙区资源为生产对象，获得人类所需财富的事业。由此可见，这样的生产是一种技术体系。依据目前的生产力水平及技术手段，这种"农业型知识密集沙产业"体系可以定义为：以农业转化太阳能为有机能为途径，依据生态、经济原则确定沙区产业发展方向和选择高效益品种，采用现代高科技和管理手段，达到沙业的高产出和高商品率的一种高效益经营技术体系。这一技术体系的特点可概括为：(1) 以沙区资源的生态属性和经济属性相统一的原则安排沙区资源的合理利用，实现生态和经济的协调发展，较之传统的治理和利用相互背离的体系有了根本突破；(2) 这一体系采用现代最新科学技术成果进行生产，以知识密集型为特点去规划、生产与管理，较之传统的劳动密集型生产体系有根本区别；(3) 这一体系以区域发展为目的，与农业、林业、草业和海业兼列，强调生产的社会化，具有大生产、大流通、大商品的特点，较之传统的自给自足的区域经济有根本的差别；(4) 生产管理上亦采用现代科学技术，较之传统的经验管理更为精密、更为有效。由此可见，农业型知识密集沙产业，将是指导沙业建设实现持续高效的一种技术发展体系。

(二) 技术体系

沙区资源的开发和沙区经济的协调发展，面对着如何认识资源、环境及人类社会经济等方方面面众多因素及其相互关系问题，更为棘手的是如何解决并实现资源、环境、人口和社会经济的协调与持续发展。"农业型知识密集沙产业"技术体系，则包含着从认识论上采用系统论的理论方法去处理沙区各种要素间及要素内的层次组织关系，为决策者及操作者共识沙产业体系内涵和机制解决认识论问题；从实践论上采用结构论的理论方法去处理沙区产业建设的各种应用问题，着重解决产业内部的协调、综合和发展问题。因而这一体系是解决和处理资源、环境、人口和经济持

① 辞海（缩印本），上海辞海出版社，P1786，1797。

续发展关系的良好途径。这一体系从结构体系上设计，包含着沙业自然资源结构、沙业产业结构及产品系列结构、产品消费结构和流通系统、人才技术配套结构等，它们共同构成“沙产业”的发展体系。

1. 沙业自然资源结构。一般而言，沙业自然资源包括了气候资源、土地资源、水资源、风能资源、生物资源等等。掌握这些资源的类型、质量、数量、分异及匹配组合关系，分析其资源优势，进而确定沙区资源开发方向、项目、目标和措施，是沙产业布局设计的基础。

2. 沙产业构成及产品系列结构。由于各沙区优势自然资源的不同，其开发方向和产品构成会有差别，形成具有自身特色的产品种类和产品系列。其产业构成大致有如下几类：

(1) 畜牧业资源开发及其系列产品。沙产业体系的畜牧业，不论其经营方式是放养还是饲养，其目的都不仅在于为人类提供肉和奶类，还在于进行系列化生产，发展肉类加工、奶类加工、皮革加工、毛纺织、油脂制品等。这后续生产过程，是畜牧业增值和获得高经济效益的主要途径。

(2) 农耕（粮食）的开发及其产品系列。沙区的土地资源仍然有一定比例适于农耕，发展粮食作物，获得稻、麦、玉米、谷子等产品及发展粮食加工和食品加工，形成农耕业的产品系列。

(3) 经济作物及果品资源的开发及其产品系列。这一产品系列在我国沙区具有重要地位，主要经济作物有油料（油菜、胡麻、花生等)、糖类（甜菜)、烟类、棉麻等，果品资源为家枣、核桃、苹果、桃、梨等，均很丰富，不同经济作物及果品又可深加工，形成产品系列，达到增值和深度利用目的。

(4) 药物资源的开发及其产品系列。沙区的药物资源及特殊药源品种丰富，如甘草、麻黄、罗布麻、沙棘、肉苁蓉等，可成为独特门类的产品及系列产品产业。

(5) 沙区林业资源的开发和产品系列。在沙区谈论建立林产品及其系列化生产似乎是件可笑的事情。其实不然，我国西北广

大沙区由于地形地势等局部立地条件上的差异，仍然分布着一些天然或天然次生的森林，如沙漠绿洲上的胡杨林、沙枣林，山地中上部的杨、桦林和松、柏林。为发展和保障沙区的自然环境，亦需要人工营造一些防护林或特用林。因此，沙产业中不仅需要应用林业的技术手段获得必要的木材及以木材为原料的系列产品，而且有必要发展林业派生产品，如食用菌类、油脂类、芳香类、药材类产品。

（6）沙区渔业资源开发及其系列产品。沙区因地形与水文地质上的差异，在局部段域分布着湖泊渔业资源。利用水域发展渔业生产，选择优质高产品种，采用科学放养技术和鱼饵饲料配套生产，在沙区获得鱼产量的高产出和高经济效益是毋庸置疑的，除提供时令鲜鱼外，还可进行系列化加工生产。

（7）沙区旅游资源的开发建设。可根据沙区的环境特点建立不同特色的旅游景点、旅游线和旅游区。我国沙区在天然景观上别具一格，可进行沙漠、戈壁考察、沙漠社会人文景观的欣赏与研究、沙漠民情风俗的体验与沙漠公园的开发等等。

3. 产品消费结构及流通系统。“沙产业”技术体系的科学布局与实施，将大大促进沙区生产力的发展和产品的多样化、系列化，产量将有极大提高，其结果不仅能促进商品经济的发展、流通及城镇化发展速度，最终将建立起新型的具有促进社会经济发展活力的产品消费结构和流通体系。

4. 人才技术配套系统。“沙产业技术体系”是建立在知识密集型基础上的发展体系，因而必须有一整套掌握现代科学技术的科技人才，组成配套的从事资源调查与资源开发、沙业技术实施，产品加工与系列化生产，致力于产供销流通保障体系的科学技术与管理人才，建立合理高效的人才结构。这一配套体系越健全，层次配合越合理，则沙产业技术体系便愈完善，沙业产投比则越大，越能实现沙产业的持续稳定发展。

二、盐池半荒漠风沙区沙产业体系的建设

盐池县位于宁夏回族自治区东部。该县中部和北部属鄂尔多斯高原荒漠草原区，由于风沙类型广布、沙漠化问题突出，所以人们又常称该区为半荒漠风沙区。面积5471平方公里，其中流动沙丘及覆沙草场面积2019．4平方公里，占该区土地面积的36．9％。因此，对该沙区进行沙产业建设的探讨，具有一定代表性。

在干旱、半干旱风沙化严重区域建设沙产业体系，根本目的在于追求区域经济的持续稳定发展。一般面言，区域经济的发展是通过产业建设来实现的，面产业的基础在于资源。因此，探讨区域沙产业体系的建设，应从三个方面进行设计：①分析沙区资源优势，确定优势开发资源；②选择资源转化为产业的基本途径及产业经济体系如何建设；③沙产业体系建设中基本保证条件的创造等。

（一）盐池半荒漠风沙区自然条件基本特点及其优势资源

1．自然条件基本特点

该区地处宁夏自治区东部，经纬坐标37°－38°N，106°30′－107°30′E之间，地势结构为鄂尔多斯高原西南边缘，海拔高程1350～1600米，由南向北倾斜。区内地形波状起伏，高平原面上广泛发育着风沙地貌景观，沙丘与覆沙平地面积比例占36．9％，荒漠草原高平原比例占38．2％，在地形相对低洼处则有低洼盐碱滩地，面积比例占4．4％，此外亦有小面积草原高平原类型，面积比例仅占6．7％，其他为居民点、道路等占13．8％。气候干燥，年降水量250～300毫米，干燥度3以上，年平均风速2．8米/秒，大风日数25天以上，是风沙危害严重，生态环境脆弱，容易发生沙漠化危害的区域。在这种生态环境背景下形成的自然资源，具有强烈的干旱区域的特色，是沙产业得以成为产业的主要依据。因此，其产业设计必须一开始就十分重视环境的保护，贯

彻寓生态保护于资源开发，资源开发促进生态保护的策略。

2. 优势资源

该区具有丰富的自然资源，从产业建设角度考虑，其优势资源主要有：

(1) 草场广阔，具有建设以二毛裘皮商品畜牧业基地的条件

在该区 820. 7 万亩土地中，草场面积 640. 7 万亩，占土地总面积的 78. 0%。草场以短花针茅、苦豆子、黑沙蒿、白刺等类型为主，体现了荒漠草原为主要特色的区域特点。天然草场的牲畜承载能力为 51 万只羊单位。由于草场具有高原型暖温带和温带的过渡特点，昼夜温差大，气候干燥和草群营养成分上的特性，草场具有发展二毛裘皮滩羊的特色。二毛裘皮滩羊是一种优良品种，一月龄前后所产的裘皮，以轻暖结实、毛股多弯、花穗美观、富于光泽、被毛不粘结等特点，在全国毛皮制品中，本区的二毛裘皮具有独特的竞争能力，国内外市场享有盛名。该区是我国滩羊的主要产区，因而在发挥资源优势的区域发展布局中，建设二毛裘皮商品基地与畜产品基地应成为本区的支柱产业之一。

(2) 特产资源种类多，具有发展特色产业的条件

利用本区特产资源，进行系列开发是建立独特区域经济的有效途径。盐池半荒漠风沙区由于自然条件上的独特性和植物区系与植被类型过渡性等特点，在如医药、油料、糖料、工业原料、种子源、蜜源等方面形成许多区域特色的资源创造了条件，应以此为基础发展特产产业。

本区的药用植物资源有几十种，如甘草、枸杞、板兰根、土三七、柴胡、远志、补血草、黄芪、大麻、麻黄、大黄、地肤、小蘖、角面香、荆芥、红根子、花椒、泽漆、地锦、冬葵、旱芹、龙胆、益母草、天仙子、列当、党参、红花、苍耳、知母、天门冬、百合、黄精等等。其中天然状态下能够形成大规模生产的有甘草(面积 56. 6 万亩，自然年产量 1. 5～1. 8 万吨)，苦豆子(面积 160. 5万亩，自然年产量 16.05 万吨)。具有栽培发展形成高产出的有板兰根、麻黄等。甘草在本区虽已开发并建设了制药厂，但

规模小、产品处于初级阶段，仍可进一步深加工生产甘草精、甘草糖、甘草油等系列产品。此外，加工中的甘草茎叶未加利用，亦应通过提纯技术加以开发或加工成羊畜饲料予以利用。黄芪、板兰根、麻黄亦是需要量大、价格高的宜于本区生长的药用植物，宜于进一步发展人工栽培。栽植三年的黄芪、麻黄、二年的板兰根，其亩产量均可达 500 公斤，亩产值均在 2000 元以上，如果进行系列化生产，其效益仍可数倍增长，应积极加以引导。

该区饮料植物资源丰富，具有含糖量高、生物碱丰富、活性酶具区域特点等优势。通过天然和人工栽植可以形成规模生产的有白刺、沙棘等饮料资源，亦可开发形成饮料产业，如果与其他功能的植物资源综合开发，形成综合性饮料，如白刺—甘草饮料、沙棘—甘草饮料、白刺—黄芪饮料、沙棘—黄芪饮料等等。不仅在品味多样化，而且在功能多元化方面走出新路子，则必能从饮料开发上促进沙区产业的发展，此外发展啤酒花种植也可收到高效益。

油料品种资源十分丰富，不仅在食用油如胡麻、菜籽、向日葵等方面应加以发展，更重要的可从芳香类工业与民用油上加以发展，如利用黑沙蒿提炼蒿油，利用红花草提炼红花油等，产值均十分可观。

蜜源植物品种资源亦很丰富，向日葵、草木犀、花棒、苜蓿、老瓜头等植物，从春到秋均有各种蜜源花种开花，应适当发展蜂蜜生产，促进沙产业的多样化生产。该区的自然环境为某些物种资源提供了抗退化的环境条件，如本区土豆个大、不退化，黑瓜子仁大、色泽好、产量高等，均可为此而建成向外提供籽种源基地的产业条件。

（3）农业资源质量较差，但发展潜力巨大

沙区亦存在着一定的农耕土地条件，发展沙区农业应成为沙产业的重要组成部分。盐池半荒漠风沙的土地适宜构成及其质量状况，依土地资源评价结果，宜农土地面积有 137．13 万亩，约占区域总面积的 16．71％，其中限制性因素小，质量较高的 2 等

地有4.2万亩，占0.51%；而限制因素强，仅可勉强从事农耕的4等土地132.8万亩，占区域面积的16.19%；其他为3等地面积。由此可见，该区的农耕条件较差，但作为区域经济发展的需要以及生产力水平（如发展灌溉）的提高，农耕业的发展已经打下了良好的基础。基本实现了本区人口对粮食、油料的自给自足和地方工业的需求。该区是黄河大柳树灌区受惠区域，有水源灌溉的土地生产潜力巨大，随着大柳树引黄工程的实现，其区域的农业将会有一个大的发展，将有可能建成大型绿洲农业区域。

（二）资源转化为产业的基本途径及产业体系的建设

实践证明，一个区域的发展主要应依靠产业化途径来实现。设计好产业化规模和产业的效益至关重要。其标准是产业的生产积累是否大于消费，社会财富的积累是否大于支出。在产业经济不发达的盐池半荒漠风沙区，其产业经济体系的建设应分二个步骤（阶段）进行。

1. 搞好基础产业的建设布局。基础产业是区域发展的主要依托，应该应用资源—产业对应转换原理，建立并健全该区的产业体系结构建设。具体方法是依据优势资源的种类、质量、数量、分布，分别建设相应的基础产业。其生产的技术体系，应打破现在传统的生产手段，采用现代科学技术，加大能源、物能、智能投入，而成为高产出、高规模的生产门类。这些产业包括畜牧业生产基地及滩羊生产基地建设、药用植物资源生产基地建设、饮料资源生产基地建设，油料尤其是特种油料基地建设、基本农田基地建设、种源生产基地建设等等。

2. 搞好发展产业的建设布局。所谓发展产业是指应用产品加工增值原理，能为本区经济带来高利润、高税收、高效益的产业。应该在第一步骤建设基础上，重点加强产业的布局。这些发展产业的布局，将带动地方工业、乡镇企业的发展，加速城镇化的进程。这些发展产业包括：饲草料加工工业、畜产品加工与畜产品系列化生产、药材加工与精药制品生产、天然植物饮料加工与饮料系列化生产、粮食加工与食品的系列化生产。

上述门类的工业，无论从产品类型、产品质量和产值上，均还处于低水平上，且生产手段亦还是落后的。如以 1988 年该区社会总产值约 9600 万元计，加工工业产值仅占 23.3%。社会总产值低说明该区经济落后，加工工业产值比例低说明该区经济发展后劲不足。从 1988 年至现在，虽然产值结构有了一定程度变化，但社会总产值仍然很低，工业产值仍不足 40%，因而该区发展产业的建设，应该及早布局，才能早日告别贫困，走向富裕的区域行列。

（三）沙产业体系建设中基本保证条件的创造

资源优势只为沙产业体系建设提供了物质条件，开发途径亦只提供了一条建设道路，能否实现资源优势向经济优势的转变，达到稳定、持续的繁荣，还必须有一整套基本保证条件，有了这些基本条件，才能保证基础产业和发展产业的正常快速运转，实现区域经济的腾飞。这些基本保证条件的项目主要是：

1. 优先搞好交通建设

交通是搞活经济、促进流通的驱动力，交通便利才能吸引项目、资金和人才，才能满足区内外物资的交换。交通发达与否，已成为区域建设者们必须优先考虑的建设项目。盐池半荒漠风沙区目前的交通状况严重阻碍着区域的开发。截至 1988 年该县只有公路总长度 38.4 公里，公路密度仅为 7 米/平方公里，没有国家级和省级公路，只有县级公路 11.4 公里，乡间级公路 27.0 公里，近年来虽然有了较大发展，但基本状况没根本变化，急需完成：①北部城关—高沙窝主干公路级别标准的改造工作，达到东与陕西延安—西安，西与银川的快速连结；②南部建设大水坑—冯记沟主干公路，使其北连能源要地马家滩—磁窑堡达银川，亦是大水坑为基地的长庆石油天然气开发所急需。

2. 加快能源建设

能源是区域资源开发的动力。该区能源短缺已成为该区发展的基本制约条件。目前该区既没有大电网的电连网，又没有自己的具有规模的发电站和能源基地。虽然该区有较为丰富的煤炭资

源和石油天然气资源，但电力和动力均严重不足。加快能源建设以保证动力，已成为首要保证条件之一。途径有四条：一是与大电网连接，引进电能；二是加快本区能源开发，加快雅几沟等煤炭资源开采；三是利用本区长庆油气田资源，借助国家石油工业的发展带动本区开发，搭车致富；四是发展太阳能、沼气的利用，作为居民生活用能的补充。

3. 对外来投资项目实施特殊政策

该区经济落后，依靠本区的财力是难以实现开发目的的，必须争取区外援助项目及财力，而实行特殊优惠政策则是争取区外投资的必要途径。当前必须克服的是等待国家上项目、上投资，以及安于现状的守旧观念，改而采取东南沿海地区的某些成功经验，大胆采取让投资者受益而同时地方亦得利的政策，而最后结果是促进区域的繁荣和振兴。

4. 吸收开发人才，加快智能能力建设

沙产业是高科技的开发，必须有先进的技术和掌握现代技术及管理的人才，而人才是其中最重要的一环。要通过特殊政策来吸收人才，前期主要是吸收高层次决策管理与规划人才，而后是专业科技人才，最后是发展教育、发展培训，提高整体科学技术水平，才能保证资源开发和区域发展的稳定和持续。

参 考 文 献

1. 钱学森．发展沙产业大有可为，沙产业专辑．北京：中国科学技术出版社，1991.

2. 辞海（缩印本）．上海辞海出版社，1979，1786.

我国东部河流沙地的沙产业建设展望

——从江苏丰县大沙河沙产业的兴建看我国东部河流沙地沙产业的开发前景

林文棣　　　尹建社

（南京林业大学）　（江苏丰县大沙河林场）

我国的沙地，按其分布地带的自然地理条件和治理开发的特点，可概括归纳为①西北内陆沙漠和沙地；②东部河流沙地；③海岸沙地三类。东部的海岸沙地，在成因、性质和防治上有其特殊性，而在开发方面，与河流沙地有不少类似之处。本文仅对我国东部河流沙地的沙产业建设，提出一些粗浅的看法。

一、我国东部的河流沙地

我国的地形特征之一，是西高东低。可以大致分为西部高原、山地和东部平原、丘陵两大部分。在气候上也可分为西北干旱和东南多雨区。分界线基本上可以大兴安岭、太行山、巫山、雪峰山一线为界。

华北大平原面积约为30万平方公里，其西部山地和平原分界清楚，相对高差大，是个断陷地带，面华北平原则是个沉降区。每年由黄河、淮河、滦河、海河及其支流漳河、永定河、沙河、滹沱河等诸多河流，携带大量泥沙由西向东填入这个沉降区，才形成现在的平原。各大河流由西部山地进入华北平原坡度陡降，流速突然锐减，水流分散，堆积下大量沙泥，形成冲积扇。平原上

河床沙泥的沉积，年复一年，使河床高出两岸地面，形成地上河“悬河”，全靠两岸河堤阻挡洪水。但遇到特大洪水，河堤不能约束时，就会发生决口改道。例如，黄河过去三千年中，发生泛滥决口就有1500多次，重要改道26次，其中大改道9次，地面上留下许多长条形的古河道，故道干涸后形成沙岗，分布于豫、鲁、苏、皖和冀南的平原上。冀西平原来自太行山、燕山的众多河流主要也是地上河，改造后也遗留下多量故道沙岗。干涸的故道沙地沙粒受风力作用，可移动堆积成沙丘，分布在河道两旁。旱季在大风的吹袭下，飞沙迷漫，沙丘移动，压废附近农田，危害农业生产。

我国东部的河流沙地，较集中地分布在华北平原上，总面积估计有5万平方公里。与我国西北内陆的沙漠沙地的面积相比，约占3～4％，似乎微不足道。但是东部河流沙地处在人口密集，耕地面积紧缺，气候湿润，交通便利，社会经济发达的地带。古河道沙地一般都有地下淡水资源，有井灌的条件。河沙地的沙土虽然本身肥力较低，但它土质疏松，土温高，透水透气性能好，土中不含盐碱。在具有灌溉施肥的条件下，土地生产力高，生长的瓜果个大味甜，并能生产出很多适合在沙性土栽培的特种经济作物。因此，东部的河流沙地在未经治理时，屡屡发生风沙水旱灾害，民穷地薄。经过综合治理和开发利用，就不但能消除这些灾害，创造出良好的生态环境，而且能获得高于附近农田的经济收入，并能形成生产多种优质产品、具有高经济效益的沙产业开发基地，应格外值得重视。江苏丰县大沙河沙地的综合治理和开发利用，就是我国东部河流沙地兴建沙产业的一个成功实例。

二、江苏丰县大沙河沙地的形成、灾害、综合治理及兴建沙产业的事例

（一）大沙河的形成及治理前后的情况

1851年黄河在苏皖交界处的安徽砀山蟠龙集决口，河水向东

北流泄，经过江苏省的丰县和沛县，流入山东西部的昭阳湖。这条冲出来的河道就是大沙河。全长 60．2 公里，宽约 2 公里，在丰县境内长 28．5 公里。不久，1855 年黄河在河南兰考的铜瓦厢决口北归，河水向东北流进山东境内，入渤海湾。铜瓦厢以东的黄河故道便成为废黄河高滩地。雨季时河南、安徽这段废黄河高滩地 1658 平方公里汇集的洪水，仍由此泄入大沙河，排入昭阳湖。大沙河及两岸一带，由于黄河决口沙泥的淤积，地势高于附近农田，河槽宽浅，两岸自然形成许多口门。平时河床无水，芦苇丛生，汛期行洪不畅，经常漫溢成灾，两岸受灾农田达 30 万亩。洪峰一到，不仅造成丰黄（口）、丰徐（州）、丰砀（山）等公路中断，而且殃及丰、沛、铜山三县附近群众生命财产的安全。

大沙河一带因地面抬高，旱时缺水，沿岸虽有井灌条件，但旱季地下水埋深常在 15 米以下，近年来发展灌溉农业，单靠井灌，水资源不足，旱情时有发生。解放前大沙河一带基本上旱灾三年一遇，兼有风灾、雹灾、干热风。又因河水经常泛滥，致使河床抬高，河堤塌平，滩土流失，河槽宽浅，中泓游荡不定。遇洪涝淹没良田，遇干旱飞沙弥漫，茅草丛生，两岸人民深受其苦，生活难得温饱。

解放后，丰县人民在党和政府的领导下，在江苏省农林厅的指导下，向沙荒进军，封沙造林，植树栽果，结合农田基本建设和兴修水利．大规模建设农田林网，1979 年成为首批全国平原绿化县。80 年代以来开挖中泓，建闸蓄水，垫滩造田，建全灌排渠系，合理规划，建成带、网、片相结合的防护林体系。大力发展经济林，利用水面养殖，实行综合开发利用。基本上治理了风沙及水土流失，改善了生态环境，增强了农业生产力和抗灾能力，生态、经济和社会效益十分显著，1991 年成为首批全国治沙先进县。

（二）大沙河沙区的综合治理方法和取得的成效

1．综合治理方法，可从以下四个方面作简要说明：

（1）河道整治方面：开挖中泓，滩地垫土造田，筑堤防洪，分级建闸，河川蓄水建库。

(2) 发展农田灌溉：引河水灌溉与井灌相结合，河道两旁开挖截渗沟，引水入沟，提水灌溉。

(3) 植树造林与水土保持工程：滩地造田采用倒比降、截水沟、排水沟，以排除田面和滩面水，引地面泾流和缓入沟，防止泥沙流入河道。堤坡堤顶种乔灌木，形成护堤防风林带，河坡种杞柳、芦苇，护岸防浪，保持水土。

(4) 两岸沙土区营造小网格的防风固沙农田林网。

2. 整治后的效益

大沙河经综合治理，现已取得巨大效益，可概括为四个方面：

(1) 防洪效益：经过河道的整治，已达到再发生百年一遇的洪水也不会成灾，解除了丰、沛、铜山三县附近地带人民的洪水之患。

(2) 灌溉效益：沟通了复新河和南支河水系，连接了“南水北调”，可一次蓄水 1. 2 亿立方，成为丰县的调水枢纽。基本解决了大沙河两岸 30 万亩农田、果园的灌溉用水，并提高了周围地区的地下水位，使井灌区用水也得到了改善。

(3) 生态效益：使两岸沙荒地得到开发，半荒地、低产田得到了改造，增强了调节气候，保持水土，培肥地力等方面的能力，并减轻了旱、渍、风、沙、碱等自然灾害。昔日荒凉的大沙河，已成为风景宜人的绿荫河道。

(4) 经济效益：大沙河治理后，改荒滩为良田，调整了土地规划，使丰县大沙河林场面积增加了 4 千多亩，林场总面积已达到 3. 7 万亩。新发展了用材林、果树、经济作物、水面种养殖，大大提高了林场的经济收入，并富裕了沿河乡镇的农民。

(三) 沙产业的兴建

大沙河经综合治理，展现出了河流故道沙地极大的生产潜力。在丰县县委、县政府的直接领导下，将大沙河林场建成一个经济实体，成立大沙河沙产业开发公司。在防沙、治沙、保护自然资源的基础上，进一步挖掘沙区的生产潜能，带引附近沙区农民走共同富裕的道路，为人民创造巨大的物质财富和经济效益。

总的规划是：将丰县 28．5 公里大沙河沙区建设成综合开发的模式。建立防护林、用材林基地、果品生产基地和水产种养殖基地，走种养加一条龙，贸工农一体化的综合发展的道路。从根本上改变沙区的生态环境，使之成为农林丰产，工业旺盛，环境优美，文明富裕的新农村。

1．防护林、用材林基地建设规划

大沙河两岸大堤的防护林带及农田林网，既是防护林又是重要的木材生产基地。栽植优质的刺槐品种和意杨品种，并在立地条件较优越处栽银杏或杜仲，树行横向，混交灌木紫穗槐及岸边的杞柳、芦苇，形成防护林体系，也成为用材林基地、干果药材基地、杞柳原料基地和芦苇原料基地。建立木材加工厂、人造板厂和柳编工艺品加工厂，提高木材的利用价值和经济效益，扩大柳编的销路和经济价值。

2．果品生产基地的建设规划

利用大沙河堤内挖滩造田部分，扩建万亩红富士苹果和白酥梨生产基地。建立果品分级自动包装线，改进分级、保鲜、包装条件，将大沙河名产果品销售到国内外果品市场。

3．特种经济作物生产基地建设规划

利用大沙河特有的沙性土条件，发展优质高产的特种蔬菜，如山药、芦笋、百合、牛蒡、萝卜、大头菜、草石蚕、菊芋等，销售至国内外市场，并配合建立芦笋和芦笋蔬菜汁罐头厂、酱菜厂，提高产品的经济效益。另外，配合中药材市场的需要，选择发展适合沙性土生长的中药材，如丹参、北沙参、芍药、怀牛膝、板兰根、苦参、黄芪等。

4．水产种养殖基地建设规划

利用大沙河无污染的沙底河水，发展拉网养鱼和网箱养鱼，所生产的优质鲜活鱼，可直接销售至徐州市的宾馆、酒楼。利用河滩面开挖精养鱼塘和特种水产鳖、鲶鱼等养殖塘，产品一并直销徐州市的宾馆、酒楼。利用大堤外截渗沟水面（不妨碍农田水利之处约占一半面积）栽植当地优良品种白花莲藕，供应市场。

5. 发展农副产品加工工业

根据当地生产发展的需要，首先建立人造板厂、木器加工厂、饲料饵料加工厂、果品纸箱厂、果蔬汁加工厂、罐头厂、肉蛋禽加工厂、酒厂、酱菜厂等等，以后再进一步扩大工业方面的比重。

6. 沙产业开发公司下增设科研技术部

负责调查、研究、改进、提高各项技术环节，使各种商品的产量、质量不断提高，增强产品在市场上的竞争力。

7. 加强对外联系，扩大销售渠道，争取引进外资和先进技术，争取与外商订立长期的产销合同，提高产品的经济收入和外汇收入。

三、我国东部河流沙地沙产业的开发前景

从江苏丰县大沙河沙产业的开发兴建及进一步的规划来看，是有科学依据的，也是切实可行的，而且大部分已经办到了。沙产业的开发建设，不但能收到良好的生态效益和社会效益，而且其经济效益也大大超过附近地区的农业生产水平，是值得大力发展和普遍推开的事业。大沙河的综合治理和沙产业的兴建，就是一个有参考价值的实例。

我国东部河流沙地有相当的数量，虽然每块面积不大，分布星散，就目前情况来看，在防沙治沙工作上普遍已取得显著的成效，但在沙产业开发建设方面所取得的进展和挖掘出的潜力，各地还有很大差别，还需要作不同程度的进一步深入开发建设。

当前在全国兴起的建设沙产业工作中，除了主要面向我国西北广大的沙漠沙地外，对东部的河流沙地和海岸沙地沙产业的建设，也有必要同时促进其发展和提高，使其产生出巨大的生态效益、经济效益和社会效益。

陕晋蒙能源基地与沙产业

李广毅　周心澄

（西北林学院）

一、前　言

1984年钱学森教授倡导创建沙产业的论文发表，提出把沙漠戈壁作为一种土地资源，以现代科技手段，增强太阳能固定转化率为基础，建立农业型知识密集产业——沙业。10年来，广大沙漠工作者对钱老的学术思想不断地进行探讨和实践，使我们对"沙漠及沙漠化土地"这一工作对象不能不产生新的思考。

正如刘恕教授总结的那样："钱学森教授以简洁的语言、严格的规范给我们描述的沙产业理论及开发框架，不仅有方向性、远瞻性的战略意义，而且有可操作性的实践范例。"其操作需要"运用全部的现代科技，包括物理、化学、生物学这样的基础学科。"可见，沙产业的实践是一个复杂的、需要长期探索的系统工程；尽管沙区群众所从事的传统的所谓"第一产业"的生产已经有了几千年的历史，特别是在古长城一线，民族之间拉锯式的占有土地，以自己的民族习惯利用土地，其产业形式也屡经变迁，以至今日人们仍在运用定性或定量的方法不断地研究和调整"产业结构"。这一切都是必要的，都是沙区群众为取得衣、食、住、行等基本生活资料不能不进行的社会实践活动。然而，这些活动与大多数教授所界定的沙产业的内含及构想框架相比，它的随机性、分散性、不稳定性是显而易见的。而且其"效率"与效益都处于较低

下的水平，这导致沙区生活徘徊在贫困线上。实现“在广阔的沙漠中建立起可产生上千亿元产值的大事业”的目标，无疑尚需要我们几代人锲而不舍的努力。

“千里之行，始于足下”，为了大目标的实现，依据我国的国情，这“足下”如何“生辉”，在哪里“生辉”，恐怕是需要讨论的问题之一。我们之所以提出“能源基地与沙产业”这样一个命题，是想给沙产业这个千秋大业“建立”一个“支点”。也就是说，虽然钱老所倡导的沙产业，没有把沙区能源开发视为目标，但我们认为沙区能源开发却是沙产业实践的一个“支点”。我们所说的“支点”，在字面上有支持、带动和促进的意义，在内含中有生态、经济和社会的意义，这点我们将在下面予以论述。

二、沙产业的“支点”——杠杆原理

纵观人类的生产活动，即所谓“人与自然的交换过程”，最早从事的全部是直接或间接“固定太阳能”的活动，狩猎、种植、养殖等，现在被称为“第一产业”。随着科学的进步、社会的发展，相继出现了“第二”“第三”“第四”产业。产业之间的比例往往成为科学技术、管理水平、社会经济发展的标志。广大沙区不要说和发达国家相比，就是和我国东南沿海地区相比都有相当大的差距。陕晋蒙能源基地所属 8 个县、旗（伊旗、东胜、准旗、达旗、榆林、府谷、神木、佳县）农村人口占总人口中的 75．5%，第一产业虽为主体产业，但生产的总体水平低下，农业商品率极低，截止 1990 年该地区工农业总产值仅为 15．6 亿元，人均收入仅有 399．0 元，至今 8 个县的温饱问题没有得到解决，属于国家贫困地区。应该说，包围着陕晋蒙能源基地的乌兰布和、库布齐沙漠和毛乌素沙地，特别是毛乌素沙地相对我国西部的沙漠戈壁还是有着“优越”条件的，大部分算是半干旱或半荒漠地区，其“固定太阳能”的第一性生产水平也仅此而已。这是本地区发展沙产业的经济基础条件。此外，据专家分析，21 世纪的经济发展，科

技进步所占的比重将超过50%，市场的竞争将是人才的竞争。以高科技装备的沙产业在激烈的市场竞争面前，能否生存、能否发展，也取决于人才的竞争。可是目前沙区人口素质普遍偏低，以文化比较发达的榆林市为例，每万人拥有各种文化程度的人数，分别为大学48人、高中549人、初中120人、小学7073人，科技人员少，科技水平低。由于整体人口素质水平偏低，其企事业的管理水平也大多处于落后状态。仅此社会经济条件，已足以限制知识密集型、劳动密集型沙业的发展。

现代商品的价值和使用价值已经越来越多的取决于所谓"技术含量"，由于直接或间接"固定太阳能"的产业，农、林、牧、渔等其研究周期相对较长，新技术的"专利"维持性差等等原因，导致农业商品的"技术含量"相对较低，提高缓慢。特别在我国，因历史因素形成的工农业剪刀差，目前仍有加大的趋势。因此，在市场机制下，就给"第一性生产"造成一种难以富民的势态，不少地区出现了"卖了铁牛买耕牛，不点电灯点油灯"的倒退现象。不仅是沙区的"第一性生产"，还包括东南沿海地区；也不仅是发展中国家，还包括发达国家，都需要给"第一性生产"以各种方式的旨在改善生产条件的投入或各种优惠政策。从我国的国情来看，国家拿出大笔资金在沙区发展"高科技"的沙产业是困难的，目前所提供的优惠政策也只有荒沙的长期使用权和农产品低税政策(还不包括价值较高的农林特产)。因此，在沙区建立沙产业的各种专业企业，必须在困境中寻找出路。除了资源因素、技术因素外，重要的是市场因素，须用市场的杠杆支持"第一性生产"，支持沙产业。鉴于沙区的自然地理及社会经济条件，鉴于"固定太阳能"的"第一性生产"在经济中的特殊位置，我们必须在沙区找到一个能左右沙区经济或在沙区经济生活中具有举足轻重地位的某项"第二""第三"乃至"第四"产业作为沙产业的"支点"，以支持、带动、促进沙产业的发展。就象18世纪美国西部的"淘金热"成为美国西海岸繁荣的"支点"。

在陕晋蒙接壤沙区建立沙产业最为理想的"支点"就是能源

基地的开发。也可以说能源基地的开发是沙产业的强有力的杠杆，借助这个杠杆可以把沙区随机的、分散的、不稳定的“第一性生产”抬高到一个新的水平，或者说是我们构想的沙产业的水平。以沙区“第二”“第三”乃至“第四”产业中的“龙头”产业为“支点”，启动由高科技装配的第一产业——沙产业，就是我们所说的发展沙产业的杠杆原理。

陕晋蒙接壤区分布着我国特大煤田和丰富的矿产资源，初步探明煤炭储量5000亿吨，天然气储量达1200亿立方米。国务院已批准在该地区建设大型现代化能源基地。到21世纪时，该基地优质动力煤生产规模将达到全国煤产量的三分之一，名列全国之首。这些优质煤不仅供应国内煤炭市场，同时也解决国际市场的部分需要。目前在该地区建设一批超大型火力发电站，将为我国华北地区提供大量的电力资源。

该地区既是国内和国际重要的能源基地，也是沙漠化最严重，环境非常脆弱的地区。该能源基地位于我国地理与气候等过渡的敏感带，工农林牧业交错，其西部、西北部和南部分别被乌兰布和、库布齐和毛乌素沙地包围，沙漠化扩展势头十分迅猛；该地区也是我国水土流失最严重地区，每平方公里土壤年侵蚀量最高达1～3万吨，每年向黄河输入泥沙4．5万吨。国家在该地区建设大型现代化能源基地，给该地区经济注入了活力，然而，由于管理不善，乱挖滥采造成了严重的环境污染，土地沙化和河床淤塞，生态环境退化问题，直接威胁到整个地区的生存、发展以及矿产资源的开发利用。

能源基地的建设已经开始促进乡镇向城市转化，以神木大柳塔为例，随着东胜、神府两精煤公司的建立，原本300来人的小镇，已发展成为铁路、公路四通八达，高楼林立，具有5万人口的“城市”了。其生产和生活资料的需求“触角”早已延伸到百里沙区。能源基地本身就是沙产业最为广阔的市场。

归根结底，沙产业的开发就是要求我们建立一个既符合自然规律又符合经济规律的人工生态经济系统。这个系统应该维持沙

区生态系统的平衡，充分利用沙漠地区的光能、热能、水资源与土地资源，大幅度提高生物产量，并以此为基础发展高层次的其他产业。沙产业的建立需要一个“支点”，能源基地是最好的“支点”。

三、沙产业的内容——人工生态经济系统

陕晋蒙接壤地带的沙产业，以神府、东胜煤田的开采生产与矿区生活为“支点”，由环境保护系统和资源开发系统构成。其设想的内容如下图。

1. 在陕晋蒙接壤沙区开发沙产业，既要注重经济系统的经济规律，也必须强调生态系统的生态规律，我们所建立的沙产业系统应该是两方面统一的生态经济复合系统，因此，沙产业系统由环境保护系统和资源开发系统构成，它们是辩证统一的，其共性是都以提高光能利用率，大幅度增加生物产量为目标并且生物多样性，同属于第一性生产；其个性是生产的目的不同。两者互为前提，相辅相成。

2. 环境保护系统主要是进一步推广本地区科研成果和群众经验，在现有基础上，对沙区防护林体系给以巩固和提高。在进行40余年应用研究与成果推广的基础上，已有大量的理论问题摆在我们面前，再不予以重视将使生产失去理论的指导，而重新出现盲目性。如：沙漠人工植被的演替问题、沙地水分平衡问题等。只有这些问题解决了，才有可能提高防护林体系的质量，才有可能对防护林体系的发展有科学的预测。

3. 资源开发系统应实行传统第一产业与高新技术产业的结合，同时以后者来带动前者的提高，不仅是科学技术水平的提高，更重要的还有人口素质和管理水平的提高。依据国情和民情，沙产业的开发只能采取“滚动式”发展战略，不断地强化“造血”功能，积累资金，由小到大，滚动发展。

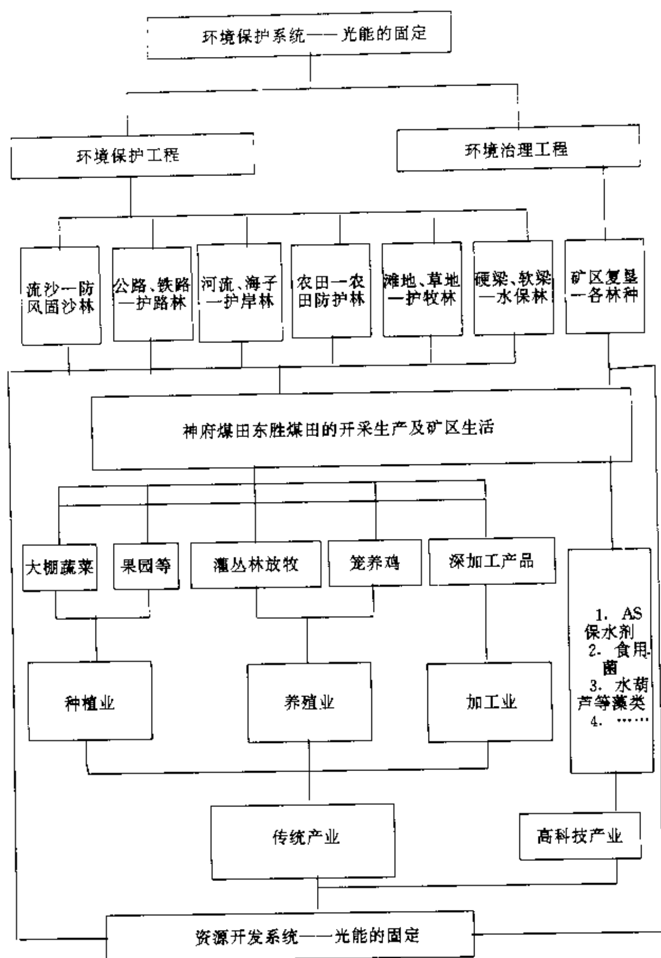


图 1 矿区生产和生活为“支点”的沙产业方框图

四、沙产业的实施——多部门多学科的联合体

沙产业是一项长期的、复杂的而且是由高科技组装的事业，决不是某一个部门或某一学科领域的专家能够独立完成的，因此必须建立多学科、多部门的联合体。这个联合体不但应有高水平的技术专家，还应有经济管理专家，甚至社会科学家。

1. 陕晋蒙能源基地作为沙产业的“支点”，沙产业的环境保护系统为能源基地提供了良好的生产、生活条件，沙产业的资源开发系统为能源基地提供了生产、生活资料，因此沙产业的资金来源，除了政府投资或贷款、国际联合开发外，能源开发部门也应提供沙产业基金。这方面应由国家立法予以保证。

2. 沙产业的联合体应有其地域或资源的封闭系统，联合体应是具有法人地位的经济实体。只有如此，才能对这个联合体进行经济核算，才能“迫使”联合体积极参与市场竞争，在经济系统中占有一席之地，也才能对沙产业的生态系统进行定量的监测，在资源开发的同时，保持系统的平衡。

3. 沙产业是一项新的，又是在贫穷落后的沙区进行的事业，因此沙产业的联合体除了“产业”的属性外，也应具有科学研究和技术教育的属性，该联合体应建成生产、教育、科研三结合的企业。沙产业企业以自己的封闭系统为核心，向其周围沙区辐射，带动整个沙区的沙产业事业的发展。

沙产业理论的充实和发展

——读《钱学森致刘恕信件摘录》

景　爱

（中国文物研究所）

著名科学家钱学森在1984年提出了沙产业的构想。1991年3月在北京举行的沙产业会议上，他进一步阐述了沙产业的理论。我出席了这次会议，聆听了钱学森的演讲。1993年2月17日《人民日报》刊登了《钱学森致刘恕信件摘录》，读后倍觉亲切。从信中可以清楚地看到，钱学森关于沙产业的理论，有了进一步充实、完善和发展。

在沙产业会议上，钱学森指出，沙产业是以沙漠地区的太阳光为能源，通过植物的光合作用来生产各种产品。通过植物的光合作用生产产品，与传统的农业在性质上是相同的。沙漠地区光照强，有丰富的光能，但是，沙漠地区严重缺水、缺土壤，水和土壤是植物光合作用所必需的。因此，在沙漠地区发展沙产业，是一件很困难的事情。只有利用人类创造的全部科学技术，包括最新、最尖端的高科技，才能实现上述的愿望。正是由于这种原因，钱学森指出，沙产业是农业型的知识密集产业，与传统的农业有所区别。

钱学森的沙产业构想，具有极其深远的意义。就中国而言，甚至就世界而言，农业（广义的农业）土地利用几乎达到极限，这意味着随着人口的不断增加，人类将面临食物不足的危机，它威胁着整个人类的生存。钱学森提出的沙产业构想，就是为解决这

个问题探索出路。在人类历史上，伟大的科学预见，往往会带动科学的发展和社会的进步。沙产业的提出，可以说人类又多了一条新的生路。在21世纪，这个愿望很可能成为现实。因此，钱学森把沙产业划人了人类历史上的第六次产业革命。

钱学森在致刘恕的信件中（这些信件多半写于沙产业会议之后），又提出了一些新问题。读了以后，令人感到兴奋。

钱学森在信中指出："沙产业中有个地理建设的大问题：治沙、改造沙漠戈壁，有个能干什么，不能干什么的课题，要尊重地理学规律。这个理论在沙产业中，比农产业、林产业、草产业和海产业要突出得多——一方面人有改造沙漠美好设想的诱惑，一方面又有地理（气象、水文、土质等）自然规律的限制。这不是地理科学研究的问题吗？"

诚如钱学森所言，中国沙漠地区的地理条件，有很大的差异。中国沙漠分布的范围很广，有的在干旱区，有的在半干旱区，有的在半湿润区，这是气候的不同；有的在平原、有的在丘陵、有的在高原，这是地貌的不同；有的在内陆河流域，有的在外流河流域，这是水文的不同。这些千差万别的地理条件，决定了沙漠治理和沙产业类型，应当有所区别，确实有一个"能干什么，不能干什么"的问题。如果不考虑地理条件的差别，都采用同一个模式，不仅不易达到目的，而且会事与愿违，造成损失浪费。众所周知，植树造林是目前治理沙漠的主要措施，但是，不同的地理条件，就应当选择不同的树种。曾有过这样的教训，某地区不问青红皂白胡乱种树，结果有些树种而不活，有些虽然勉强活了下来，却不能正常发育成长，变成了树龄大、个头小的"小老头树"，没有达到预期的防沙治沙目的。措施不当，甚至会带来更加严重的后果。这类教训很多，必须引以为戒。违反了自然规律，好的愿望也可能会酿成坏的结果。

钱学森在信件中又说："对此如何下手？我想也许可以从地理历史学开始，过去不是沙化地区，采取人为措施大概是可以治理的，而几百年前就是沙漠戈壁，对它只能就实际情况开发沙产业，

不要轻举妄动!”

实际情况正是如此。历史地理学和沙漠考古学的研究表明,中国北方的沙漠戈壁(包括沙漠化土地),其产生形成的过程不尽相同。有些是自然形成的,有些是在人类活动影响下产生的;有些是在地质时期出现的,有些是在人类历史时期出现的;有些有数百年、数千年甚至更远的历史,有些是近百年或近数十年才产生的。对上述种种不同的情况,在沙漠治理和沙产业配置的时候,显然应当区别对待,采取不同的措施和方案。例如新疆塔克拉玛干沙漠是在地质时期自然形成的,而内蒙古东部的科尔沁沙地,是由于历史时期的移民开荒造成的。木兰围场在清代是原始森林地区,现在沙漠化相当严重,完全是清代后期毁林开荒的结果。在上述三个不同地区,治沙和沙产业就应当有所区别,不能采用同一个模式。

由此可知,发展沙产业不仅需要高科技,也还需要其许多相关基础科学的配合,例如历史地理学、沙漠考古学、地质学、地理学、水文学、气象学等等。只有广泛、充分地利用自然科学、社会科学的各种不同手段,才能推动沙产业的不断完善和发展,尽快实现沙产业的宏伟目标。这正是沙产业知识密集的一种表现。钱学森在信件中明确地指出了这一点,无疑是给治沙战线及相关学科提出了新的任务。

1979 年以来,由于政府的重视,科技人员的努力,广大群众的支持,治沙工作取得了明显的成绩,这是有目共睹的。然而沙漠化土地的面积,在与年递增,始终没有扭转“沙进人退”的局面,这也是一个事实。有识之士,无不对此表示忧虑。钱学森在信件中说:“我看这只是个小小的开端。从全国讲,沙漠化将会得到治理,会有所减少,但仍然是“沙进人退”!什么时候真的‘人进沙退’?”

沙漠是人类的大敌,也是一个难以制服的凶敌、顽敌,要实现“人进沙退”,这绝非易事,必须付出极大的努力。沙产业为治理、改造沙漠展示了新的前景。我们不能满足于现状,已经取得

的成绩是未来事业的新起点。“这只是个小小的开端”，表现了一个科学家的远大抱负和宽广的胸怀，这句话应当成为治沙战线的座右铭。

实行政府行为与市场调节相结合
确保三北工程持续快速发展

李 建 树

（林业部三北防护林建设局）

党的十四大和八届全国人大决定在我国逐步建立社会主义市场经济体制以来，全国经济领域发生了深刻的变化，大大加快了改革开放的步伐和经济发展的速度。经济越发展，越要加强环境保护，加快生态建设。经济越发展，越有可能提供更多资金，加强环境治理，加快生态建设。这对三北防护林体系建设是个机遇。同时，由于三北防护林体系建设是一项生态工程，在我国尚未建立生态效益补偿机制的情况下，生态效益不能进入市场，在市场没有竞争能力，这对三北防护林建设又是一个严峻的挑战。机遇和挑战并存，挑战大于机遇。我们如何抓住机遇，迎接挑战呢？通过 3 年来的讨论、实践，现在看，只有在坚持强化政府行为，加强领导力度的前提下，实行政府行为与市场调节相结合，才能确保这项工程建设持续快速健康发展。

计划经济体制和市场经济体制都是配置社会资源（人、财、物）的手段。市场经济体制在其运行过程中是根据供求关系变化、价格的导向作用和竞争风险机制，把社会资源配置到经济效益好的部门、产业和环节中去，从而实现社会资源的合理配置和充分利用。而三北防护林建设是一项改造自然、改善环境的生态工程，它的使用价值主要表现在生态效益方面，生态效益具有间接性、隐蔽性、自发性和公益性，是一种特殊商品，无法像其他商品那样在市场进行交换，实现价值。价值得不到实现就无法维持和扩大再生产。当然，三北防护林工程建设也有直接经济效益，但是有

限。因此，这项宏伟的工程建设不但很难完全依靠市场调节来聚集人、财、物，而且本部门的人、财、物也会因受利益驱动流向其他经济效益好的部门。所以我们一定要从三北防护林建设的这个实际出发，按实际情况办事，决不能盲目地将这项工程建设简单地推向市场，撤手不管，完全靠市场机制去调节。而是进一步强化政府行为，加强领导力度，通过政府干预，采取强有力的措施，才能使这项工程建设持续快速发展。同时，要在逐步建立市场经济体制过程中不断深化改革，扩大开放，以市场为导向，调整工程建设结构和产业结构，在保证做到不断改善生态环境的前提下，大幅度地提高经济效益，通过提高经济效益，逐步提高自我积累、自我发展能力，搞活这项工程建设。“生态建设靠政府，经济发展靠市场”，这也是当今世界的普遍经验，我们应该朝着这个方向再实践、再认识。

总结这正反两方面的经验教训，要实行政府行为与市场调节相结合，就必须强化政府行为，加强领导力度，同时要深化林业改革，重在调整结构。这是确保三北防护林体系建设持续快速健康发展的关键所在。

1. 广泛宣传三北防护林体系工程是国家的重点建设项目。三北防护林工程建设是改变我国半壁河山生态环境的根本大计，是各族人民治穷致富奔小康的当务之急，是跨世纪、跨地区、跨部门、跨产业的极其巨大的人工生态工程建设。党中央、国务院 1978 年决定在西北、华北北部、东北西部建设这项工程时，把它列为国民经济和社会发展的重点建设项目。1994 年 4 月，国家计委又把三北防护林工程作为我国国民经济和社会发展 151 个重点项目之一予以公布。这是我国林业唯一列人国家重点建设项目的一个工程。我们应该围绕三北防护林建设是国家重点建设项目这个主题，广泛、深人、持久地宣传三北防护林工程建设的重要性和紧迫性；宣传三北防护林建设的成就和效益；宣传三北防护林建设在国际国内的重要地位；宣传建设三北防护林体系改变干旱贫困面貌的典型和经验。通过宣传，动员上下左右都来关心、爱护、支

持这项工程建设。近几年来，由于种种原因，三北防护林工程建设的宣传工作大大减弱了。更有甚者，有的地方和部门把三北防护林体系建设营造的农田护林网、水土保持林、防风固沙林、经济林、用材林、薪炭林，分别作为一般造林绿化和生态农业、小流域治理、农业开发、三八绿化工程宣传，不提这是三北防护林体系工程建设的成就，导致人们对国家这个重点建设项目的认识逐渐淡化。这些不正常现象必须纠正。

2. 采取强有力的行政措施和法律措施。三北各地都应该通过立法的形式，对经国务院批准的三北防护林体系工程建设总体规划予以确立，并监督实施。防止由于政府换届，"一个将军一道令"，使这项工程建设被削弱或"搁浅"，同时，还应该根据《森林法》、《环境保护法》、《水土保持法》等有关法律规定，结合本地区的防护林建设实际，制定地方性的实施细则，真正把三北防护林工程建设纳入法制轨道，实行依法建设。要层层落实领导干部任期造林目标责任制，并作为政绩考核的重要内容之一，狠抓落实，以此来解决三北防护林体系工程建设周期长与领导干部任期短的矛盾。仍然把三北防护林建设的造林任务作为指令性计划下达，做到计划与规划衔接，投资与任务挂钩，并且要采取强有力的行政手段和组织措施保证完成；对无故不完成任务的，要追究领导责任，严肃处理。要稳定工程建设的服务体系，稳定机构人员和资金渠道，不能随意关、停、并、转，削减事业费。要坚持检查、验收、评比、奖罚制度。

3. 不断完善林业经济政策。首先要抓紧建立生态效益补偿机制。随着社会主义市场经济体制的建立，"谁造谁有"的林业政策已不能很好地解决以生态效益为主的三北防护林体系工程建设的利益分配问题，更解决不了这项工程建设的消耗补偿问题。经济政策应作大的调整，核心是抓紧建立生态效益补偿机制。三北防护林体系的生态效益是社会必要劳动的凝结，不但有使用价值，而且也有价值。应该通过征收防护林生态效益补偿费，用于扩大再生产的办法，建立生态效益补偿机制，从根本上解决生态效益被

社会无偿占有的现状，确保三北防护林体系工程建设能正常运转。也只有这样，农民才有持久投入的积极性和承受能力。中央和地方财政的投入是一种补偿，但非常有限，还应该逐步向受益明显的部门、单位、个人征收补偿费。当前，征收的主要对象应该是依靠森林生态效益从事第二、三产业有直接经济收益的部门、单位和个人，以及由于在林区、林地搞开发性建设破坏森林资源，使生态效益受到损失的部门、单位、个人。第二，一定要坚持执行劳动积累工制度。自力更生、艰苦奋斗、发展经济、治穷致富是三北地区农民的优良传统。三北防护林工程主要依靠农民投工来建设，这是中国的特色，是一条成功的经验，受到世界各国的赞赏。不能把农民为了改善自己的生产条件和生活条件，舍得投入劳动力进行劳动积累视为增加农民负担。多年来的实践已经证明，三北地区农民投工建设防护林，不但能从根本上改善自己的生产条件，提高生活水平，而且能有效地解决农民盲目流入城市的社会问题。第三，要大力推行股份制合作造林、行业合作造林，促进生产要素优化组合。与此同时，还要大力推行“五荒”使用权的拍卖制度，鼓励一切单位和个人有偿承包治理荒山、荒坡、荒沟、荒滩、荒沙。第四，国家对生态工程建设实行税收优惠政策和保护政策，已有一系列明确规定，要继续执行。第五，坚持实行国家补助和地方财政配套及多方集资相结合的投资机制，都应逐年增长，不能减少。与此同时，要花大力气做好对外宣传、项目储备工作，多渠道联络，为三北防护林建设积极争取更多的外援项目和国际合作项目。

4. 调整林种、树种结构和生产（产业）、经济结构。面对市场经济的挑战，三北防护林体系建设要在继续搞好生态建设的同时，充分发挥建设区独特的资源优势，进一步调整林种树种结构，建设商品林基地；大力调整生产（产业）经济结构，大办绿色产业。通过这两方面的调整，加快发展林业商品经济，达到既能改善生态环境，又能增强工程建设自身活力的目的。造林既要遵循适地适树、因地制宜的原则，也要遵循市场需求，以市场为导向，

妥善地做好林种布局和树种选择。要加大经济林、用材林的比重。干旱地区要大力发展以山杏（大扁杏）为主的木本粮油林，建设大型商品经济林基地，形成创汇产业。毛乌素、科尔沁沙地要加快发展樟子松，力争到本世纪末建成两个比红花尔基还要大的樟子松用材林基地。山杏（大扁杏）具有耐旱、耐寒、耐瘠薄、容易种植、见效快、效益高的特点，国内外市场对杏仁的需求量非常大。我们看准了就要抓住不放，务必形成规模效益。在大幅度调整林种、树种结构的同时，还要改单一造林绿化型的生产经济结构为造林绿化、木材生产、林产工业、多种经营四根经济支柱并举的生产（产业）经济结构。三北防护林建设范围内（指林区、林地）蕴藏着丰富的杨木、灌木、沙棘、果品、矿产、景观六大类独特的资源。据调查，杨木的蓄积量已超过 2 亿立方米，发展造纸工业和人造板工业具有采运方便、成本低廉的优势。现有 5000 多万亩经济灌木不但可搞人造板，还可发展林产化工业。沙棘的面积已达 2000 多万亩，加工医药、化妆、食品等系列产品的技术已趋成熟，大有可为。3200 多万亩经济林中有许多是名、特、优、新产品，在市场上很有竞争能力。至于可用于发展旅游业的森林景观和采掘业的矿产资源，那就更丰富了。我们要解放思想，以国际、国内市场为导向，发挥这些独特的资源优势，大力发展二、三产业，变资源优势为经济优势。

5. 大力推广实用技术。高新技术是需要的，但对三北防护林建设来说，更需要的是实用技术。实用技术是最直接、最有效的社会生产力。今后工程建设条件更差、难度更大，只有依靠实用技术才能突破严酷的自然条件对工程建设的限制。多年来，广大科技干部、农民群众和领导干部在三北防护林建设中积极进行科学试验和生产实践，创造了 170 多项先进实用技术，取得了 500 多项科研成果。只有大力推广这些实用技术和科研成果，才能提高工程建设的质量和效益。因此，我们一定要把推广实用技术纳入工程建设的规划和计划，工程建设不推广实用技术不予立项。在资金安排上要增加科技含量，把科技含量由过去的 3%～5%提高

到 10%。要建立健全科技服务体系，搞好科技信息的传递、技术培训和技术承包。为促进实用技术推广工作，从今年开始设立“三北防护林建设技术推广奖”，对推广实用技术和科研成果取得显著效益的单位和个人及时予以奖励。与此同时，还要强化技术管理。今后要运用成活率、保存率、成林率、生物量、生态效益、经济效益六项经济技术指标，指导、验收、考评三北防护林体系工程建设。

关于我国草地资源产业发展政策的若干建议

李 金 昌

（国家环境保护局）

我国草地资源达 66 亿亩，占国土总面积的 40%。其中，牧区草原 44 亿多亩，南北方草山草坡 12 亿多亩，滩涂草地 2 亿多亩，零星草地 1 亿多亩。

草地资源是可再生资源。草地资源产业是通过社会投入，促进草地资源的维护、恢复、再生（简单再生产）；更新、改良草地资源（内涵扩大再生产）；改造沙荒碱地等扩大草地资源面积（外延扩大再生产）。发展草地资源产业，对于缓解传统牧业危机、解决国土破坏危机、发展多种经济和振兴民族经济，具有重大作用。草地资源产业的后续产业是草原畜牧业。

目前，我国草地生产力仅为美国的二十几分之一，澳大利亚的十分之一。搞好我国草地资源的扩大再生产，可以成倍、成十倍地提高草地的生产力，用比国外少的投入，达到发达国家同类草地的生产力水平。但是，多年来我国草地资源管理十分薄弱，投资甚少，草原治理速度赶不上退化沙化速度，每年逆差大于 1000 万亩，草业中先进经验和典型得不到重视和推广。

本报告建议，在“八五”计划期间及以后，要加强草地资源产业的发展：第一，开展草业科普宣传教育，尤其要开阔各级领导干部的思路；第二，国家要建立有权威性的草地资源产业管理开发机构；第三，要设置草地资源产业管理和开发专项基金；第四，在大农业发展战略中，实行以草助粮、助棉战略；第五，依靠和发展草业科技，实行适地适草适畜适工的优化经营战略；第

六，严格草原法制，健全以质量和效益为核心的草地资源管理经营制度；第七，走中国式现代化草业发展道路，即“一个目标，三个三结合和五项改革措施。”

一、草地资源基本概念、分布类型及在国计民生中的地位和作用

（一）草地资源基本概念

草地，世界通称 grassland，指以生长牧草或饲用灌木为主，用于畜牧业或绿化的土地。包括天然草地、改良草地、人工草地、林间草地等。

草地资源是人类赖以生存的重要生产资料和环境条件，是发展现代农业，提高社会物质生活水平的重要支柱。

近一个世纪以来，世界经济发达国家通过开发本国草地资源，发展草地牧业，开展城乡绿化，获得巨大效益，改变了旧的农业结构和国民吃穿结构，改善了生活和生态环境，奠定了社会经济繁荣和物质生活富裕的基础。这一规律是由人们对物质生活日益增长的需求和草的多功能作用及草地牧业产品是人类高级吃穿用品这一特殊属性决定的。这是社会经济发展的客观法则。

（二）我国草地资源的分布和类型

我国有草地 60 亿亩，占国土面积的 40%，占世界草地面积的 1/7.5，居第二位，其中牧区草原 44 亿多亩，南北方草山草坡 12 亿多亩，滩涂草地 2 亿多亩，零星草地 1 亿多亩。各省、区、市草地面积分布见表 1。

我国草地类型之多居世界第一位。按地带、气候、植被类型划分，有草甸草原、干草原、荒漠草原、草丛草地、灌丛草地、稀树灌丛草地、沼泽草地等 18 个大类，37 个亚类、1000 多个类型。按水热条件类型划分，有 38 个类型。按经济地理区域类型划分，有东北草原草山区、蒙新高原区、西北黄土高原区、青藏高原区、黄淮海平原滩涂区、中部亚热带山地丘陵区、云贵高原区、南部

表1 1988年全国草地面积统计（万亩）①

地区	总面积	其中：可利用面积	地区	总面积	其中：可利用面积
全国合计	507709	478885			
北京市	534	447			
天津市	221	194	江苏省	619	489
河北省	7110	6169	浙江省	4755	3113
山面省	5566	5566	安徽省	2495	2228
内蒙古自治区	110207	95387	福建省	706	650
辽宁省	5083	4858	江西省	6664	5771
吉林省	8763	6568	湖北省	9628	7606
黑龙江省	12980	9122	湖南省	9259	8244
山东省	2457	1995	广东省	3317	3275
河南省	6551	6065	海南省	3000	2000
西藏自治区	124000	82000	广面壮族自治区	13050	9752
陕西省	8160	7000	四川省	33808	29399
甘肃省	24107	24107	贵州省	6431	5640
青海省	54674	47415	云南省	22963	17883
宁夏回族自治区	4521	3933	零星草地	10000	10000
新疆维吾尔自治区	88000	72000			

热带山地丘陵区等。全国经营草地牧业为主的县（旗）有264个。其中牧业县119个，半牧业县145个。

我国牧草种类有5000余种，居世界第一位。其中有豆科牧草

① 未包括台湾省。

1130 种，禾本科牧草 1150 种。我国草地上的光能、风能和水利资源、野生动物和经济植物资源、地质遗迹、历史文化和旅游资源都十分丰富。珍稀濒危野生动物野牦牛、野马、野骆驼、羚羊、鹿、獐、狐、貂、天鹅、鹤、地鸫、鹰、雕、鹫等；珍贵野生经济植物和药材发菜、蘑菇、麝香、虫草、贝母、党参、黄芪、雪莲、甘草、麻黄、天麻、锁阳、枸杞等，都是国家重点保护对象，具有很高的经济价值和科研价值。

（三）草地资源在我国国计民生中的地位和作用

1. 在缓解传统牧业危机中的作用

目前我国畜牧业结构仍以猪、禽为主，每年饲料用粮占粮食总产量的 25%左右。受粮食日益紧张的制约，猪、禽生产不稳定的趋势将继续发展。同时我国毛纺工业在加工能力（30 万吨净毛）和原料供应（年产 10 万吨净毛）间存在差距，每年要进口 20 万吨净毛，花外汇 10 多亿美元。我国大城市奶类供应不足，还依靠联合国粮农组织援助。如沿袭传统牧业路子走下去，必将加剧社会吃穿供求间的矛盾。如果充分发挥我国牧草和家畜品种资源的优势，大力开发草地牧业，为社会提供丰富的畜产品，不仅可缓解社会肉、奶、毛、皮供需矛盾，还可通过生产豆科草粉代替 15%～20%的饲料粮喂猪、禽，既促进猪、禽的发展又可节省数百亿斤粮食。

2. 在解决国土危机中的作用

40 年来我国国土环境日趋恶化。森林覆盖率下降，水土流失面积扩大，土地沙漠化面积扩展，城市绿化很差，环境污染严重。多年来，由于在国土治理上忽视种草，因而耗资不少且成效不大，继续下去，势必加剧国土环境恶化。

然而，我国种类繁多的牧草和草坪具有绿化大地、保持水土、防风固沙、美化城市、净化空气的特性。近 10 年来，我国在沙漠戈壁区、黄土高原水土流失区、南方红黄壤水土流失区、草原退化区、南北方林区和城市绿化区大规模种草的实践表明，种草绿化能在大雨状态下使陡坡地面径流减少 47%～60%，泥土冲刷量

减少 77%，草地比裸露地可降低夏温 3～5．5℃。提高冬温 6～6．5℃。植物残体分解的有机微粒和碎屑散布到天空，能在云层中形成生物源冰核，促进降水过程。平缓低洼草地形成的积水沼泽，成为涵养水源的江河发源地。每公顷草地每天能产生 600 公斤氧，吸收 900 公斤二氧化碳。草地还能减低风速，吸附灰尘，化合消除有毒气体，产生负氧离子，减少噪音，从而净化美化环境，增进人类健康。要扭转国土环境恶化和治理失误的危机，必须发挥种草绿化在国土治理中的优势。

3．草地多种资源优势和在发展多种经济中的作用

开发我国草地地上地下资源，可通过草田轮作、生物固氮、改土增产措施，大面积改造农业低产田，提高粮食产量；可发展水利和电力事业；可发展矿冶、钢铁、机械、石油、化工等工业；可发展国际旅游事业；可开展科学研究和国际科学与经济交流活动。

4．在发展少数民族经济和解决民族问题上的作用

我国草原和草山区大都是边疆少数民族聚居区。有蒙古、藏、哈萨克、裕固、塔吉克、柯尔克孜、回、彝、苗、瑶、布依、黎等几十个民族。少数民族从事草地牧业有悠久的历史，牧业经济在少数民族经济中占据主体或重要地位。40 年来，尽管牧区、山区少数民族经济有所发展，但由于管理建设薄弱，生产方式至今仍处于较原始的自然放牧状态。经济发展速度同内地及沿海、汉族地区比较，差距不断加大，实际上扩大了“民族间事实上的不平等”。

要改变我国少数民族经济长期落后的状况，就必须发展草地牧业，通过推广科学技术和现代管理方法，不断提高草地畜牧业生产力，逐步实现少数民族牧业经济由游牧、半游牧的自然经济向集约、半集约的商品经济转化，以此带动少数民族经济的繁荣和社会的进步，逐步达到同先进民族间“事实上的平等”，以保证祖国统一和各民族团结的大业。

二、草地资源再生产产业的界定、发展状况和潜力

（一）草地资源再生产产业的界定

草地资源是可更新资源。第一性生产是天然牧草或人工种植的牧草；第二性生产是以牧草为转化物质的草地畜牧业。

但不论天然生长或人工培植的草地，在牧草刈割或放牧后，都能自然地恢复草被，这是简单的再生产。但要优化开发利用草地资源，必须人工更新。随着现代科学技术的发展和生产方式的改变，草地资源的优化利用还必须走集约化经营的扩大再生产道路，即通过各种草地改良技术和科学经营方法，增加草地产量和质量；通过退耕还牧，改良沙荒碱地，进一步扩大草地面积。

因此，草地资源的简单再生产或扩大再生产是衡量草地优化开发利用和生产力发展水平的标志。

美国西部草原在50年以前由于建设管理不当发生的大面积沙化，连续暴发了震惊世界的黑风暴，当时许多退化草原的植被覆盖度不到20%，生产能力十分低下。但从30年代以来，美国政府加强草地的建设和更新，投资上百亿美元，把10%的草地建成人工草场，并实现了围栏化，达到目前生产力水平。世界经济发达国家目前优质高产的草地不是固有的，是靠科学和投入建成的。

目前我国百亩草地生产力水平仅为美国的二十几分之一，澳大利亚的十分之一。

（二）我国草地资源再生产产业的发展状况

我国草地目前生产力低的原因，绝非源于固有的自然因素，而是由于人为的社会因素造成的，主要有：（1）由于陈旧观念和科技落后的影响，草地资源的保护和开发利用一直得不到社会的重视；（2）草地所有权、使用权长期不固定，管、建、用的权、责、利不明，难以进行科学管理；（3）草场只利用不建设，造成10多亿亩草场严重退化，产草量比50年代下降三分之一至二分之一，

鼠虫害猖獗；（4）违背自然规律，盲目开垦种粮，造成1亿多亩优质草场被毁沙化；（5）在工矿建设和农事活动中任意破坏草原植被，加剧了退化、沙化的趋势；（6）草地建设摆不上国家建设日程，40年来每年每亩投入不到3分钱，草地科研和教育事业更纳不入国家计划；（7）草地管理机构和队伍薄弱，长期得不到解决；（8）草原管理法制不健全等等。

近10年来，我国针对这一状况在全国开展了草地管理建设的基础工作，并在一部分地区开展了现代化建设的试点，主要有：（1）制定颁布了全国草原法和地方草原管理法规，建立了草原管理法制；（2）牧区、山区实行了家畜归户、草场承包的生产经营制，为实施以草定畜创造了条件；（3）建成了牧草良种繁育和种子检验体系及整套规程，在各省、区建立牧草种子检验中心13处，牧草种子开始打入国际市场；（4）在全国不同类型地区开展大规模飞播牧草取得成功，飞播面积达到1800万亩，制定了飞播牧草等技术规程和经营管理规范；（5）在18个省区开展了草地牧业综合示范项目，取得了发展现代化草地牧业系统工程的经验；（6）开展了全国草地资源调查，着手编制全国草场分布图、牧草名录与图谱及草地资源专著；（7）开展了大规模治虫灭鼠工作，制定了技术规程；（8）开展了草地环保工作，建立了草地类自然保护区8处；（9）开展了牧草引种育种、草地生态、草地遥感、种子丸衣化接种根瘤菌、划区轮牧、牧草加工等科研活动；（10）开展了草地教育、人才培训及学会活动等等。这些工作为大规模优化开发我国草地资源奠定了基础。

三、我国草地资源的优化开发潜力

在先进科学技术和先进管理方法支持下，按照草地的区域优势实行适地适草适畜适工，达到草地资源的优化开发，则我国各种类型草地都能在现有基础上成倍、成10倍地提高生产力。

草甸草原类型区，目前可利用面积6亿亩，适种苜蓿、羊草、

无芒雀麦等优质牧草，可建成优质高产的奶牛、肉牛、细毛羊基地。建立人工草场，亩产草量可比天然草场提高 4～6 倍以上，粗蛋白含量提高 1～2 倍。平均 2 亩左右草地可饲养一只良种细毛羊，个体产毛量可达 2. 5 公斤（净毛）以上。一公顷左右可饲养一头良种奶牛或肉牛。奶牛一个泌乳期个体产奶可达 3.5 吨以上。18 个月育成肉牛个体产肉可达 250 公斤以上。每亩产值可达 80～100 元，比目前提高 50 倍以上。

干旱草原类型区，目前可利用面积 12 亿亩，适种杂交苜蓿、沙打旺、草木犀、冰草等优质牧草，可建成优质高产细毛羊、绒山羊、肉牛基地。建立人工草场，牧草产量可提高 5～8 倍以上，粗蛋白含量提高 3 倍以上。3 亩草地可养一只良种细毛羊或绒山羊，个体产量可达净毛 2. 5 公斤以上，亩产值可达 60～80 元，比目前提高 60 倍以上。

荒漠草原类型区，目前可利用面积 15 亿亩，适种柠条、沙拐枣、沙蒿、伏地肤、山竹子等旱生、超旱生优良牧草，可建成优质高产绒山羊、羔皮羊、骆驼基地。建立人工草场，牧草产量可提高 10 倍以上，粗蛋白含量提高 2 倍以上。4 亩草地可养一只绒山羊或羔皮羊，亩产值可达 80 元以上，比目前提高 80～100 倍。

青藏高原草原类型区，目前可利用面积 8 亿亩，适种老芒麦、披碱草和沙打旺、红豆草等部分驯化豆科牧草，可建成优质畜产藏绵羊、绒山羊、牦牛基地。建立人工草地，牧草产量可提高 7～10 倍．粗蛋白含量提高 1～2 倍。4 亩草地可饲养一只良种羊，20 亩草地可饲养一头牦牛。藏羊个体可产优质地毯毛 3 公斤多，牦牛二年育成可出肉 300 多公斤，亩产值可达 40 多元，比目前提高 60 倍以上。

北方温带草山类型区，目前可利用面积 3. 6 亿亩，仅有一半粗放经营，适种苜蓿、红豆草、沙打旺、胡枝子、老芒麦等优质牧草，可建成奶牛、肉牛、细毛羊、绒山羊、奶山羊生产基地。建立人工草场，亩产鲜草可达 2000 公斤以上，2. 5 亩草地可饲养一只良种羊，12 亩草地可饲养一头良种肉牛或奶牛。亩产值可达 100

～150 元。

中部亚热带高海拔草山类型区，目前可利用面积 70 亿亩，适种红、白三叶草，黑麦草，鸡脚草等优质牧草，可建成肉牛、奶牛、半细毛羊生产基地。建立人工草地，牧草产量可达 3500 公斤以上，比天然草场牧草产量提高 3～6 倍，粗蛋白含量提高 5～10 倍。平均 2 亩草地可饲养一只良种半细毛羊，年产净毛 2．5 公斤以上。10 亩草地可饲养一头良种奶牛或肉牛，奶牛平均年产奶 4 吨，肉牛 18 个月龄平均 300 公斤，亩产值可达 200 元以上。超过新西兰草地生产力水平。

南部热带草山类型区，目前可利用草地约 1 亿亩，适种柱花草、大翼豆、象草、雀稗等优良牧草，可建成肉牛、肉羊、鹅、兔基地。建立人工草场，牧草产量可达 8000～10000 公斤，比天然草场产草量提高 5～8 倍，粗蛋白含量提高 10 倍以上。平均 1～1．5亩可饲养一只肉羊，8 亩草地养一头肉牛。海南岛肉用黑山羊羔 6 周龄体重可达 9．4 公斤，羊肉每公斤 15 元，每亩产值可达 400 元，超过法国草地生产力水平。

沿海和内陆江河滩涂草地，目前可利用面积约 2 亿亩，适种田菁、苜蓿、碱茅、苇状羊茅、大米草等优良牧草。可建成肉羊、肉兔、鹅、草粉等基地。建立人工草地，牧草产量可达 3000 公斤以上，如二亩地饲养一只肉羊，亩产值可达 200 元以上。如每亩人工草地每年育成鹅 15 只，产绒 3 斤，总产值可达 330 元。如每亩人工草地生产豆科草粉 800 公斤，产值在 400 元以上。

上述优化潜力，近 10 年各地已在不同草地类型区建立的人工草场取得的生产成果中体现出来（表 2）。

表 2　我国各类人工草场同国外同类人工草场生产力对比

（一）北方草甸类人工草场：

	亩产草量	合理载畜量	畜产品产量
美　国	600 公斤/亩 (干草)	2．5 亩地养 一只细毛羊	每只羊年产毛 4 公斤， 每年繁殖总增值 45%。

	亩产草量	合理载畜量	畜产品产量
		15 亩地养一头肉牛	18 个月出栏一头肉牛，胴体重 275 公斤，每年繁殖总增值 40%。
中　国（新疆、内蒙古）	600 公斤/亩（干草）	2．5 亩地养一只细毛羊	每只羊年产毛 4～5 公斤，每年繁殖总增值 45%。
		15 亩地养一头肉牛	18 个月出栏一头肉牛，胴体重 250 公斤，每年繁殖总增值 40%。

（二）北方干旱草原类人工草场：

美　国（西部）	500 公斤/亩（苜蓿干草）	3 亩地养一只细毛羊	每只羊年产毛 4 公斤，每年繁殖总增值 45%。
中　国（内蒙、新疆等）	800 公斤/亩（沙打旺等干草）	3 亩地养一只细毛羊	每只羊年产毛 4～4．5 公斤，每年繁殖总增值 45%。

（三）北方荒漠类人工草场：

苏联（中亚）	150 公斤/亩（干草）	6 亩地养一只绒山羊	每只羊年产绒 0．7 公斤，每年繁殖总增值 80%。
中国（西北）	200 公斤/亩（干草）	5 亩地养一只绒山羊	每只羊年产绒 0．5 公斤，每年繁殖总增值 80%。

（四）中部暖温带人工草地：

法国	1000 公斤/亩（鲜草）	2 亩地养一只细毛羊	每只羊年产毛 5 公斤，每年繁殖总增值 45%。
		12 亩地养一头肉牛	18 个月出栏一头肉牛，胴体重 250 公斤，每年繁殖总增值 45%。
中国（山东、	3000 公斤/亩（鲜草）	2 亩地养一只细毛羊	每只羊年产毛 5 公斤，每年繁殖总增值 45%。

	亩产草量	合理载畜量	畜产品产量
河南草山区）		12亩地养一头肉牛	18个月出栏一头肉牛，胴体重250公斤，每年繁殖总增值45%。

（五）南方亚热带高海拔人工草地：

新西兰	4000公斤/亩（鲜草）	2亩地养一只半细毛羊	每只每年产毛5公斤，每年繁殖总增值45%。
		15亩地养奶牛一头	年产奶3000公斤，每年繁殖总增值60%。
中国（武陵山区）	4000公斤/亩（鲜草）	2亩地养一只半细毛羊	每只羊年产毛5公斤，每年繁殖总增值45%。
		15亩地养奶牛一头	年产3000～3500公斤，每年繁殖总增值60%。

（六）南方热带人工草地：

澳大利亚	4000公斤/亩（鲜草）	10亩地养一头肉牛	18个月出栏一头肉牛，胴体重400～450公斤，每年繁殖总增值45%。
中国（海南岛）	4000～5000公斤/亩（鲜草）	10亩地养一头肉牛	18个月出栏一头肉牛胴体重400～450公斤，每年繁殖总增值45%。

事实证明，搞好我国草资源扩大再生产，可以成倍、成10倍地提高目前草地生产能力，用比国外少的投入，达到世界经济发达国家同类型草地生产力水平。

四、目前草地资源管理利用中存在的主要问题

我国草地资源管理利用中存在的问题很多，形势十分严峻。

目前存在的基本矛盾是：第一，草地资源开发和草业发展的任务十分艰巨，但国家草业管理机构和队伍却异常薄弱，难以下

情上达，参与部门间协调配合、规划布局和重大决策，直接影响了草业开发和科研、教育等各项事业的发展。第二，草原建设治理速度赶不上长期形成的退化、沙化速度，逆差每年超过1000万亩。目前每年群众投入草地建设的资金在1亿元以上，而国家投入草地的建设资金仅3000多万元，加上地方政府配套资金不过6000万元，仅以牧区草原面积计，每亩不到2分钱。第三，10年来在各级农牧部门和科研部门支持下，各地涌现出了一批草业先进典型，但无力在面上推广。形成点上形势喜人，技术、效益可赶上世界先进水平，而面上依旧落后，沿着草原退化、家畜冬春危亡的恶性循环路子下滑。这一方面是受社会基础条件的影响，建立现代草业任务艰难，但主要方面是草业先进典型的推广得不到国家应有的重视和支持。

上述三个基本矛盾的存在不是偶然的，它是中国社会历史条件下生产关系和认识水平不适应生产力发展的一种表现。它的根源，绝不是来自国家财力不足，而是人们受“重工轻农”或“重农轻牧”、“重牧轻草”等观念的影响和支配，对现代草业在国家四化和国计民生中的重要作用缺乏认识和理解，因面不能予以重视和支持。反映在当前投资政策、农业政策、管理政策上，存在许多不合理现象：一是国家每年花去10亿多美元的外汇，从国外大量购买羊毛，并接受联合国的奶援，却不投资开发我国丰富的草地资源，生产足够的羊毛和奶品；二是国家把大农业的主要精力用于搞粮食和耗粮为主的传统猪禽业，并时刻为耕地日益减少，粮食、猪禽难以持续增长而焦虑，却对开发4倍于农田的草地，发展草食家畜以增产更多的肉、奶食品来缓解农业危机不感兴趣，甚至妄自菲薄，认为我国草地资源不如外国，生产力落后是自然决定的；三是多年来国家非生产性机构和人员大量增加，机构重叠，人浮于事，欲减不能；却对加强管理着占国土面积40%的草地资源管理机构的建设，迟迟不作决策，以致造成草地资源管理和建设的失误。正如钱学森同志指出的那样：把草业搞上去是项社会主义建设的长远事业，是百年大计，问题是怎样让领导真正认识

到。

五、加强草地资源管理和更新的对策和建议

1. 开展草业科普宣传，开阔各级领导思路，让国家和社会真正认识开发中国草地资源在四化建设和国计民生中的特殊重要作用和巨大经济潜力，从组织机构、建设投资和科研教育上，把开发草地资源、发展草业摆上与农林业同等重要的战略地位。

当前在国家"八五"农业发展、经济开发、国土治理、科研攻关和教育事业计划中，应将草地资源开发和草业科技教育列为重要内容。

2. 国家建立权威性的草业管理开发机构，加强草地资源的管理和草业发展的规划、计划和协调工作，并组织实施。

3. 国家建立草地资源管理和开发的专项资金。

4. 在大农业发展战略上，实行以草助粮助棉的节流战略，一方面提倡引草（豆科牧草）入田涵养地力，提高粮食单产，一方面大力发展草地牧业，增加草食家畜和豆科牧草粉在牧业中的比重，逐步减少饲料用粮，并通过增产草地肉奶食品逐步降低国民食物中的耗粮水平，通过增产羊毛、皮张逐步减少羊毛、牛皮大量进口，达到国内自给。

5. 掌握和发挥草地资源开发的区域优势、产业优势和社会经济优势，实行适地适草适畜适工的优化经营战略。在必要的物质条件支持下，把科学技术和人材培训列在开发的首位。

普及草业先进科学技术，在草业各系统中，分层次地由纵到横地求得各环节的最佳技术和最佳效益，体现科学就是生产力的价值。

建立全国性草业科学综合研究机构及体系，开展草业的理论科学和应用科学相结合的研究；提倡科研项目与生产建设项目相结合；提倡科研单位承办经济实体，及时有效地推广科研成果。

6. 严格贯彻草原法规，健全各级草原监理机构和队伍，颁布

实施《草原法实施细则》。

完善草地分户有偿承包责任制，健全以质量和效益为核心的草地资源管理经营制度。

7. 开发草地资源，发展草业经济的战略途径，应遵循草业系统工程的理论，结合我国国情，明确以发展专业化、社会化、商品化的现代化草地畜牧业为目标，实行种草、养畜、加工三结合，科研、培训、生产三结合，牧、工、商三结合的三个结合方针，在体制、技术、经营、流通和工作方法上采取五项改革措施。在体制上，发展以家庭或联户牧场为基础，草业开发服务实体为龙头的新经济联合体；在技术上，运用现代草地牧业科技手段，改革旧的生产方式；在经营管理上，贯彻以经济手段管理经济的原则，改革“吃大锅饭”的经营管理方式，树立讲求经济效益、严格经济核算、资金有偿回收周转的观念，建立各种严密的经营管理制度；在产品流通上，改革产销脱节、统购派购、压级压价等弊端，通过项目经济联合体的经营自主权，开通纵横联合、工牧直交、对外竞争的流通渠道。通过利润返还，积累资金扩大再生产；在工作方法上，改变过去以行政手段搞建设的方法，严格按照基本建设程序办事，事先要有计划任务书和可行性论证，有总体规划和年度计划，项目完成要进行验收，项目建设中各部门共同组成项目领导小组和技术组，通过建立岗位责任制和技术承包负责具体实施。以上做法，可概括为“一个目标，三个三结合方针和五项改革措施”，各地多年试点实践成果证明，这是发展中国式现代化草业的基本道路。

全球土地荒漠化现状和防治对策

王 礼 先

（北京林业大学）

一、荒漠化土地的概念

明确荒漠化的定义是研究荒漠化原因、分布、后果及防治对策的前提。曾经有许多学者对"荒漠化"一词下过定义，最普遍的表述是："荒漠化即环境的恶化，是地球上任一生态系统形成荒漠景观的过程。"根据 Glanty 的考证，"荒漠化"一词具有 100 多个定义，这足以证明"荒漠化"现象及其过程的复杂性。1977 年联合国荒漠化会议（UNCOD）在总结前人定义的基础上对"荒漠化"定义如下："荒漠化是土地生产潜力的降低或破坏，是生态系统的退化过程。"10 年之后，Abmad 及 Kassas（1987）在《荒漠化》一书中对"荒漠化"下的定义是："荒漠化是一种环境退化过程，在这种过程中，由生产力的土地转化为无生产力的土地。"

法国著名学者 Monique Mainguet 在 1991 年出版的《荒漠化》一书中写道："荒漠化是干旱的表征，是由于人类活动引起的土地承载力的超载现象。"

在我国政府于 1994 年 10 月 12 日签署加入的"联合国防治荒漠化公约"中明确规定，"荒漠化"是包括气候变化和人类活动在内的种种因素造成的干旱区、半干旱区、干旱的亚湿润区的土地的退化。"土地"是指具有生物生产力的陆地系统，由土壤、植被，其他生物区系和在该系统中发挥作用的生态过程及水文过程组

成。“土地退化”是指由于使用土地或由于一种作用或数种作用结合导致的干旱区、半干旱区和干旱的亚湿润区雨浇地、水浇地或草地、放牧地、森林和林地生物或经济生产力和多样性的降低或丧失，其中包括：(1) 风蚀和水蚀引起的土壤侵蚀；(2) 土壤物理、化学及生物学特性或经济特性的退化；(3) 自然植被的长期丧失。“干旱区、半干旱区和干旱的亚湿润区”是指年降水量与年潜在蒸散量之比在 0. 05～0. 65 之间的地区，但不包括极区和亚极区。

综上所述，可以看出，“荒漠化土地”是指在干旱区、半干旱区、干旱的亚湿润区由于气候变化或人类活动引起退化的土地，其退化过程包括风蚀、水蚀、盐渍化以及植被、生物区系等的退化过程。

二、全球荒漠化现状

(一) 分　布

荒漠化是一个全球性的环境与资源问题，涉及各大陆的 100 多个国家（包括澳大利亚、美国、前苏联以及欧洲南部的一些国家），而不仅在非洲或亚洲大陆。全球大约有 10 亿人口受到危害。联合国环境计划署 1991 年向联合国总部提交的“关于防治荒漠化工作计划”提供的全球干旱土地荒漠化面积分布如下（表 1）。

全球荒漠化分布地区一般也是贫穷与落后地区，其特点是：

(1) 缺乏营养，或营养不良而减弱抵抗疾病的能力；

(2) 缺乏资金，无力购置工具、种子、肥料；

(3) 无机会接受文化教育与技术培训；

(4) 为了生存面进行的短期行为（游牧、季节性农业）；

(5) 缺乏有效的机制去发展农村社会，如技术咨询、基本建设、能源、培训；商品交换、发展市场经济等；

(6) 缺乏基本的粮食和安全保证。

(二) 荒漠化的经济损失

表 1　全球干旱土地荒漠化面积统计　　(单位：亿公顷)

地区	干旱土地面积	退化面积	所占面积%
非洲	14.3259	10.4584	73
亚洲	18.8143	13.117	70
澳大利亚及新西兰	7.0121	3.7592	54
欧洲	1.4558	0.9428	65
北美洲	5.8718	4.2862	76
南美洲	4.2067	3.0581	73
总计	51.5966	35.6219	70

注：干旱土地包括：干旱、半干旱及干旱半湿润区（不包括极端干旱区）

荒漠化的经济损失包括土地退化引起生产力降低的损失以及治理已经荒漠化土地投入的费用。国际荒漠化顾问组成员，美国H. E. Dregne 教授统计的 1991 年的数字如表 2。

表 2　土地退化经济损失统计　(单位：亿美元)

地区	灌溉农地	旱作农地	草地	合计
非洲	4.75	18.55	69.66	92.96
亚洲	79.53	46.47	83.13	209.13
澳大利亚	0.63	5.44	25.29	31.36
欧洲	4.74	4.5	5.64	14.88
北美洲	14.65	4.41	28.78	47.84
南美洲	3.55	2.52	20.84	26.91
总计	10.785	81.89	233.44	423.08

为治理全球荒漠化土地，需采用综合措施。Dregne1991 年估算的 20 年治理规划所需费用达 2130 亿美元。其中治理灌溉土地 4300 万公顷，旱作农地 1.5 亿公顷，草地 16.67 亿公顷。

按照“联合国防治荒漠化公约”中对“荒漠化”一词的定义，我国过去沿用的“沙漠化”一词，可以理解为风沙区的沙质荒漠化，而未包括土地水蚀过程。根据“公约”中的“荒漠化”的定义，全国荒漠化面积将比统计的风蚀面积要大（因要考虑水蚀面

积），同时比统计的全国土壤侵蚀面积332.7万平方里要小（因要扣除年降水量与年潜在蒸散量之比大于0.65的地区）。我国确切的荒漠化面积大小尚待全国普查完成以后才能确定。

三、干旱地区不同地类防治荒漠化的主要对策

（一）旱作农地（雨养农地）

防治旱作农地荒漠化要与发展持续农业相结合，主要措施包括全国性的和地方性的。

1. 进行全国土地资源普查及建立信息库中心，例如新西兰、美国及非洲一些国家均已建立；

2. 分析确定旱作农业的潜力及限制因素，使农业生产稳产高产；

3. 研究农民贫困的原因，减轻农民负担，提高农产品价格，减少农业税收；

4. 鼓励农民接受持续发展农业的土地利用方式，包括发生旱灾时的应急作物栽培计划；

5. 生物措施，主要有：改进耕作制度、改单一农业生产为多种经营，使农、林、牧、果相结合，发展复合农林业（Agroforestry），建立包括乔、灌、草的防护林体系；

6. 工程措施，主要有：改进整地方法（等高耕作、沟垅耕作），修建梯田、池塘及集流工程，兴建地下水利用工程，发展集流农业；

7. 开展技术培训，推广生态与经济效益兼顾的农地荒漠化防治技术。

（二）灌溉农地

灌溉制度不合理，灌排系统设计或施工不当，引起地下水位上升，导致次生盐碱化是土地退化的主要原因。

保证灌溉工程功能完善，修复遭受损坏的设施；监测地下水位，综合利用地表及地下水；建立区域性排灌工程样板；监测地

下水盐碱化的程度，控制灌溉水额。

（三）草地（草场）

过度放牧，草的消耗量及速度大于再生量及速度；从事单一的畜牧业，误认为只有增加牧群才能增加收入；国际或本国肉类市场价格上涨，刺激过度放牧；粮食价格过低，促使牧业超载发展；牧主为了等待肉类价格上涨，存栏牲畜量过多，引起牧场超载等均是导致草地退化的因素。

据联合国环境计划署1990～1991年调查资料，亚洲草地退化面积最大，其次是非洲。全球旱地土地面积45.56亿公顷，其中33.33亿公顷草地（占73%）正在退化，与1984年相比，退化面积增加了2.33亿公顷。

草地退化是干旱地区土地退化的主要部分，整治（或恢复）退化的草地要与区域性生态环境建设及自然资源保护相结合，实行包括技术、经济、财政、法律、管理等方面的综合措施。

（四）林地

干旱地区的林地退化原因主要在于过度采伐利用，从而使林地森林生态系统失去平衡，减少了对环境的保护作用，特别是损害了水资源。根据联合国粮农组织1990年森林资源调查报告，西撒哈拉（非洲）1980年末森林面积为4370万公顷，1990年末为4080万公顷，每年减少30万公顷（每年减少0.7%）；东撒哈拉分别为7140万公顷及6550万公顷，每年减少60万公顷（每年减少0.9%）；南非分别为15930万公顷及14590万公顷，每年减少130万公顷（每年减少0.9%）；在全球热带干旱及极度干旱的地区，1980～1990年间每年森林面积减少220万公顷（减少0.9%）。

防治林地荒漠化的主要对策如下：

1. 防治林地荒漠化需要综合措施。环境退化、森林减少以及燃料供应问题不能只靠造林来解决，要采取农业、畜牧、土地规划、林业、能源政策等综合措施。在综合措施中贯彻以林为主。因此，在干旱区、半干旱区造林必须与当地农民的需要与收入结合在一起才能产生效益。干旱地区造林要纳入大农业的体系，造林

目的不只是种植树木，而且要与家庭收入相结合，采用多效益树种（multi—purpose species），例如兼有燃料、水果、养蜂、生产树脂、丹宁等方面用途的树种。

2. 发展复合农林业，建立人工农林复合生态系统。在肯尼亚首都设有国际农林研究中心，负责人才培训及交流信息。

3. 制订适当政策与法规，动员、组织当地群众植树造林，提高成活率。

在某一区域各个地类的荒漠化及其防治是互相联系的。因此，需要强调以流域为单元对不同地类的荒漠化进行综合治理，并使之与干旱地区发展持续农业（或称生态农业）结合起来。

四、荒漠化土地的评价方法

荒漠化土地评价的实质是在土地分类(划分土地利用类型)及退化过程分类的基础上，对土地退化过程分级（一般分弱、中、强）。荒漠化土地评价是采取防治对策的根据。

（一）土地利用类型划分

不同的土地利用类型，不可能用同一尺度来鉴定其退化程度，如农地的退化与草地的退化或者林地的退化不可能用一尺度（指标体系）来划分风蚀或水蚀过程的弱、中、强等级。建议至少首先将农用地、草地、林地（包括灌木林）分开。其他地类还有果园、居民区用地、工矿用地、交通用地、水域、特殊用地、未利用土地（盐漠、戈壁、沙丘、沼泽地、裸岩、石砾地等）。

（二）退化过程分类

退化过程即荒漠化过程，建议分为风蚀、水蚀、盐渍化、植被退化等。同一地类上可能发生一种退化过程，也可能发生多种退化过程。如农地上可能发生风蚀或水蚀，也可能风蚀与水蚀同时发生。

（三）退化过程分级

一般将不同退化过程分为弱、中、强等三个水平。不同类型

退化过程需要采用不同的分级指标。同一退化类型在不同国家，或同一国家的不同自然地理区可以采用不同的分级指标。因此，土地荒漠化（或称干旱区、半干旱区、干旱亚湿润区的土地退化）分级是荒漠化土地评价的核心，是一个十分复杂、需要深入研究的课题。

国外一些学者及有关国际机构近年来也十分重视土地荒漠化过程分级研究，并举办过国际性培训班。土库曼共和国科学院荒漠化研究所的一些著名专家们应邀到培训班讲课，他们建议将土地荒漠化过程分为 7 类，即：植被退化、风蚀、水蚀、灌溉农地盐渍化、内陆湖区土地盐渍化、草地渍水退化、不合理的工矿建设引起的退化等。

植被退化过程分级应用于有植被（包括乔、灌、草）覆盖的土地。植被退化分为弱、中、强三级。分级指标有 3：(1) 植物群落现状（弱——顶极群落或稍有变化；中——植被全年存在；强——植被季节性存在)；(2) 生产力减少（弱——降低 15%以下，中——15%～40%；强——大于 40%)；(3) 植被覆盖率降低（弱——小于 10%；中——10～40%；强——小于 40%)。

风蚀退化过程分三级，选用了两项指标，即：(1) 流动沙丘占全地块面积的百分率(弱——小于 30%；中——30%～70%；强——大于 70%)；(2) 草被覆盖率（弱——30～50%；中——10%～30%；强——小于 10%)。

水蚀退化过程分为三级，选用了 3 项指标，即：(1) 细沟密度（弱——每 1 公里横剖面有细沟小于 10 条；中——大于 10 条；强——有大切沟形成)。(2) 表土层流失（弱——小于 5 厘米；中——5～20 厘米，强——大于 20 厘米。(3) 乔灌木或草本植被覆被率降低（弱——小于 20%；中——20%～50%；强——大于 50%)。

灌溉农地盐渍化分三级，选用了 6 个指标，即：(1) 盐渍化程度，含盐总量（弱——0. 21%～0. 40%；中——0. 40%～0. 60%；强——小于 0. 60%)；(2) 地下水矿化度（弱——3%

～6 克/升；中——6～10 克/升；强——大于 10 克/升）；（3）灌溉水矿化度（弱——0．5%～1．0 克/升；中——1．0～1．5 克/升；强——大于 1．5 克/升）；（4）农作物产量降低，用棉花产量表示（弱——降低量小于 15%；中——15%～40%；强——40%～80%）；（5）生长期盐分积累量（弱——16%～30MT/hm^2；中——30～45MT/hm^2；强——大于 45MT/hm^2）；（6）灌溉水污染程度，用有毒物质含量表示（弱——1．6～6．0 克/升；中——6．0～11．0 克/升；强——大于 11．0 克/升。

湖区土地盐渍化过程分三级，选用了 3 项指标，即：（1）由于湖水面下降引起的土壤变化（弱——荒漠土壤形成的初始阶段，土地表面有沙堆积；中——滨海盐土形成，可以生长植物；强——形成深厚的盐土，植物已不能生长）；（2）土壤上部 100 厘米土层内含盐量（弱——小于 130MT/hm^2；中——130～290MT/hm^2；强——290～370MT/hm^2）；（3）植被变化（弱——出现耐盐树种及半灌木；中——出现柽柳属植物；强——裸露土地，不能生长植物）。

荒漠草地水渍化分三级，选用 3 项指标，即：（1）湿生植物及深根植物覆盖率（弱——柽柳盖度小于 30%；中——柽柳盖度为 30%～70%；强——*Fragmites australis* 盖度大于 70%）；（2）淡水或矿化度小的地下水水位（弱——5 米；中——2～5 米；强——小于 5 米）；（3）土壤湿度状况（弱——自动形成；中——半水成；强——水成）。

不合理工矿建设导致的荒漠化分三级，选用了 4 个指标，即：（1）破坏植被（弱——砍伐乔灌木面积在 25%以下，或破坏草皮面积小于 25%；中——25%～50%；强——小大 50%）；（2）车辆运行引起的侵蚀面积（弱——小于 10%；中——10%～25%；强——大于 25%）；（3）工程产沙覆盖面积（弱——小于 10%；中——10%～25%；强——大于 25%）；（4）各类道路的长度，以公里/百平方公里表示（弱——小于 40；中——40～80；强——大于 80）。

我国目前正在开展沙质荒漠化土地的普查与评价，为今后长

期进行的荒漠化监测及编制防治规划提供基本数据。《联合国防治荒漠化公约》第2章第16条中明确规定，“缔约方同意根据各自能力，综合和协调有关长、短期数据及信息的收集、分析和交流工作，确保有系统地观察受影响地区土地退化情况，同时更好地了解和评价旱灾和荒漠化的过程和影响。”“促进和加强全球机构和设施网络”，“争取使用彼此兼容的标准和体系，”“将国家、分区域和区域数据和信息中心同全球信息资源更密切地连接起来”。因此，我们应当根据中国荒漠化防治工作的要求，考虑与国际标准接轨问题。只有这样，我们才能向全球荒漠化信息中心提供他们所需要的数据。另一方面，我们所发布的各类荒漠化土地的数据才能得到国际公认，使我国的荒漠化防治工作与国际接轨。

荒漠化定义已为国际社会所公认，并已纳入国际公约，包括我国的沙漠化内容，但不仅限于干旱的风沙地区。因此，如何根据国际公约中荒漠化的定义确定各部门业务范围和研究领域，理顺关系，已成为我国政府有关部门特别是林业部门面临的需要解决的问题。否则我们在全球防治荒漠化的斗争中，与其他各国无法取得共同的语言和标准，影响国际合作和交流。

在全球荒漠化的分布、危害以及防治经验方面，中国均具有举世瞩目的重要地位。我国荒漠化防治工作者，要借国际上防治荒漠化的“东风”，结合我国的实际情况，加速发展我国荒漠化的防治工作，并为全球荒漠化治理工作做出应有的贡献。

参 考 文 献

1. Mainguet M. Desertification, Springer－Verlag, Berlin, 1991.

2. 朱震达. 中国的脆弱生态带与土地荒漠化，中国沙漠，1991，(4)：11～12.

3. Wim Sombroek., El Hadji Sene. Land Degradation in Arid, Semi－Arid and Dry Sud－Humidares. Text for FAO Presentation at Lnter－Government Negotiating Committe to Combat Desertification. Nairobi. 1993.

4. HNEP. Implementation of the Plan Action to Combat Desertification. Report of the Secretary－General，Nairobi. 1991.

5. 中国荒漠化及其防治. 中国政府代表团在"国际荒漠化防治公约谈判委员会"第一次会议上的报告，1993.

6. 王礼先. 水土保持工程学. 北京：中国林业出版社，1991.

7. Wang Lixian，Watershed Management in China. Farm Forestry Learning Packages，Chinese Academy of Forestry，1990：53－88.

8. Babaev，A. G.，kharin，N. G.，Orlovsky，N. S. assessment and Mapping of Desertification Processes a Methodological Guide，ASHGABAT －1993.

关于我国荒（沙）漠化监测的若干技术问题

孙司衡　顾锦章

（林业部调查规划设计院）

荒（沙）漠化和/或干旱是全球性首要的环境问题之一，很大一部分的地球陆地面积和人口遭受着荒（沙）漠化和/或干旱的影响和威胁，日益受到世界各国和全人类的广泛关注。1994年10月14日在巴黎由我国政府参与签署的联合国防治荒漠化公约，是签约国对这一问题高度关注和明确承担防治荒漠化责任及义务的集中体现。为了为我国防沙治沙的宏伟事业服务，为依法治沙和环境评估提供依据，并使其与国际性的努力协调一致，在我国正在开展的全国沙漠化普查的基础上，高水平、高起点、高效率地开展我国荒（沙）漠化的监测工作，准确、及时、全面地监测荒（沙）漠化土地的动态变化，探索荒（沙）漠化过程的机理，提出全国和区域性荒（沙）漠化的现状、速率和内在危险性等信息，预测预报荒（沙）漠化的发展趋势，就是一项十分宏大、艰难，但又具有重要意义和影响的工作。

一、荒（沙）漠化的定义及监测范围

1. 按照国际公约，荒漠化是指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区（湿润指数在0.05～0.65之间）的土地退化现象与过程。它包括土壤风蚀与水蚀、盐渍化与次生盐渍化、植被退化及土壤板结等，致使土地的生物或经济生产力和复杂性下降乃至丧失。

2. 我国习用的沙漠化概念则是特指在具有一定砂物质基础和干旱大风的动力条件下，或加之过度的人为干预所产生的一种以风沙活动为主要标志的环境退化现象与过程。在上述干旱、半干旱及亚湿润干旱地区，是土地荒漠化的一个类型，即沙质荒漠化，或习称为沙漠化。而在湿润区，我国常称之为风沙化过程。

3. 为了更好地服务于我国的防沙治沙事业，同时又便于与国际公约接轨，本文论及的荒（沙）漠化监测，其监测的主要范围指国际公约定义的荒漠化区域（集中在我国北部和西北地区），但也包含了监测我国习称的全部沙漠化（含风沙化）地区（分布于我国中部和南部地区），即 1 和 2 涉及的两个方面。为论述简洁起见，以下荒漠化一词，即包含 3 的全部意思。

二、监测技术路线与技术框架

1. 要首先着眼于国内荒漠化防治和开发利用对监测信息的需要，特别是在亚湿润干旱气候条件下，农林牧交错地区的沙区资源的合理开发应用是监测的重点。重点地区重点监测并与一般地区的全面监测相结合。

2. 在联合国防治荒漠化公约的定义、目标和原则指导下，使监测的对象、内容和标准与国际上接轨。

3. 监测应力求以正在进行的全国沙漠化普查工作为起点和基础，普查的图件与数据成果应做为监测对象的底本。

4. 做为宏观数量控制、成图与动态监测的重要手段，必须充分发挥遥感的技术优势，并与 GIS 信息管理分析技术、GPS 定位技术、优化的统计抽样设计、数学模型技术相结合，辅以必要的地面检测及定位观察。通过试验研究，逐步实现以高技术为主要监测技术手段的目标。

5. 以建立科学、客观、实用的荒漠化分类评价指标体系为前提，地面与遥感监测信息的标准要衔接。通过典型和重点监测区的试点实践逐步完善充实监测技术方案，进而全面实施。

三、荒漠化生态环境区划及土地荒漠（退）化分类

我国地域辽阔，各地自然地理条件迥异，加之不同类型和历史阶段人类活动的影响，形成了荒漠化地区多样化的生态环境分区和不同的土地退化类型。无论从深入研究荒漠化发展机理与过程的角度，还是从制定有针对性的防治荒漠化对策并加以开发利用的目的出发，进行荒漠化生态环境的区划和荒漠化地区土地资源荒漠（退）化类型的划分都是十分必要的。显然，它既具有理论性的意义，也是一项具有实践性意义的工作。同时在此基础上，荒漠化的监测、科研和防治利用工作才有可能得以有序地和有的放矢地组织实施。

（一）荒漠化生态环境的区划

我国各地的荒漠化生态环境，是一定的气候水热因素、地势地貌地质构造和历史及近代人为活动条件下的综合反映和产物。同时，诚如上述，防治荒漠化与多种学科有关，也需要多部门的协同努力。因而，荒漠化生态环境的分级区划虽有其自身的特点和要求，但与现有自然地理区划、气候区划、农业综合区划、林业区划等都密切相关。与“生态环境综合整治与恢复技术研究”项目中有关学者提出的脆弱生态环境分区与类型划分则更为相近。其他与荒漠化有关的专业性区划，如沙漠化过程及其治理区划、盐碱地类型及分区、水土保持与流域治理区划等，当然都是很有价值的工作基础。因而，进行我国荒漠化生态环境的区划不仅是必要的，技术上也有许多有利因素。重要的是规范化和协调一致，为各部门所接受并符合国际公约要求。

1. 区划层次及其依据

（1）荒漠化区（1级区划单位）

这一级区划的主要依据是气候干燥程度。联合国防治荒漠化公约明确指明所谓“荒漠化”是指干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化。因而，明确不同干湿气候区域的界线划分是首位

的工作。该公约所指“干旱、半干旱和亚湿润干旱区”是指所谓湿润指数（Index of moisture）在0. 05～0. 65之间的地区。为国际防治荒漠化公约政府间谈判委员会（INCD）所采用的湿润指数（Im）是根据C. W. Tornthwaite的经验公式，即降水量与潜在土壤水分蒸发散总量之比的物理参数来定义的。这一方法已具有国际意义，被各国学者广泛采用，联合国科教文组织也采用这一方法划分世界的干旱区、半干旱区气候。因此，根据这一概念和指标来确定我国的干湿气候带并监测这一地域时空格局的变化具有重要的实际价值，所获得的结果亦可直接与国际间的交流，便于履行我国对联合国防治荒漠化公约所承担的责任与义务。

根据湿润指数，可将我国分划五个干湿气候区，即：

气候区	湿润指数
极端干旱区	＜0. 05
干旱区	0. 05～0. 20
半干旱区	0. 21～0. 50
亚湿润干旱区	0. 51～0. 65
湿润区	＞0. 65

这样，一方面，可便于在“干旱、半干旱和亚湿润干旱区”这一国际定义的荒漠化区域内进行特定的荒漠化防治监测与研究，制定治理与综合开发利用规划并实施。另一方面，在各种国土整治和环境研究与治理活动中，如防沙治沙、脆弱生态环境治理、水土保持与流域治理、盐碱地改良、草场改良等，都可按照上述干湿气候分区，归纳统计出具有国际意义的荒漠化范围的有关信息，纳入到全球努力的范畴之中。

依据气候进行分区第二位的因子应为按≥10℃积温所确定的温度带。这是因为植被的结构与受破坏后的恢复能力与此密切相关。

作为荒漠化地域1级区划的依据，还要考虑大区地理位置和大区性主导荒漠化类型的组合。

（2）荒漠化发展程度分区（2级区划单位）

在1级分类单位各荒漠化区下，依据区域性地理位置、社会经济因素、主导荒漠化类型组合及发展程度等要素划分荒漠化发展程度分区。其中，荒漠化发展程度要综合考虑地域荒漠化的现状、发展速率及内在危险，确定其发展趋势。分为潜在发展、发展、强烈发展和严重发展4级。同时，在地域上，各荒漠化区中，亦存在着一些未受到明显荒漠化影响的地区。2级区划仅在其中受明显荒漠化影响的地区划分。

（3）荒漠化类型区（3级区划单位）

根据需要，在荒漠化发展程度分区下可根据小地域地理要素、行政单元和主导荒漠化类型续分荒漠化类型区。

2. 荒漠化生态环境区划单位的命名

荒漠化区的命名采用：大区地理位置＋水热气候条件＋大区性主导荒漠化类型组合的命名法。突出气候带因子。

荒漠化发展程度分区的命名采用：区域性地理位置＋主导荒漠化类型组合＋荒漠化发展程度的命名法。突出荒漠化发展程度因子。

荒漠化类型区的命名采用：小地域地理要素（或行政单元）＋主导荒漠化类型的命名法。突出荒漠化类型因子。

荒漠化生态环境区划的命名举例如表1。

3. 荒漠化生态环境区划系统的制定与完善

上述荒漠化生态环境的区划只是一个大致的方案构想，有必要通过各部门专家的广泛参与加以制定和完善。同时，这一区划应在完成一系列基础工作之后才可能拟定，特别是根据湿润指数的计算，确定各气候区的具体范围，以县（乡）为单位加以落实。而且，这一区划工作除了分析利用以往资料以外，还应根据联合国防治荒漠化公约的精神，在广泛普查、研究和监测的基础上确定，同时又做为进一步研究和监测的基础并日臻完善。

（二）荒漠化影响地区土地荒漠（退）化类型的划分

在受荒漠化影响的地区，即上述区划的荒漠化生态环境中，不同的地类、不同的土地资源地块、土地退化的类型和程度各不相

表 1　我国荒漠化生态环境区划（举例）

区划分级	荒漠化区	荒漠化发展程度分区	荒漠化类型区
命名	西北干旱的温带风沙及盐碱荒漠化区	塔里木盆地周围风沙盐碱荒漠化强烈发展程度分区，河西走廊风沙盐碱荒漠化强烈发展程度分区，内蒙古西部风沙荒漠化发展程度分区等。	略
	黄河中上游半干旱的温带风沙及水土流失荒漠化区	宁夏—内蒙河套风沙盐碱荒漠化强烈发展程度分区，黄土高原水土流失荒漠化强烈发展程度分区，内蒙古中部风沙盐碱荒漠化发展程度分区，晋陕蒙接壤地区风沙及工程开发性荒漠化强烈发展程度分区等。	略
	青藏半干旱的高寒风沙及盐碱荒漠化区	藏北高原风沙盐碱荒漠化发展程度分区等	略
	华北亚湿润干旱的温带风沙及水土流失荒漠化区	内蒙西部科尔沁风沙荒漠化强烈发展程度分区，冀北坝上风沙荒漠化强烈发展程度分区，燕山山地水土流失荒漠化发展程度分区等。	略

同，存在着广泛的差异。同时，同一退化类型和程度的不同地段，由于自然和特别是人为影响的不同，可能向更加退化或逆转的两个方向发展。通过逐块地普查或采用遥感技术判识后定性定量地归入不同的退化程度和类型，进而可以统计归纳不同尺度地域范围内不同发展程度的各种退化类型在各地类（农地、林地和牧草地等）和土地总面积中所占的比例，从而科学地确定这一地域的主导荒漠化类型及荒漠化发展的现状、速率和内在的危险性等构成荒漠化发展程度和发展趋势的要素的取值。

1. 土地荒漠（退）化类型划分的原则

为了防治荒漠化长期监测和评价的需要，也为了不同部门能取得共识和与国际接轨，土地退化类型的划分必须满足：a. 系统性、b. 科学性、c. 稳定性、d. 连续性、e. 兼容性、f. 合理性和 g. 实用性的要求。从而，这一分类指标体系可以为国内外科研和生产部门所采纳，易于为不同时期不同的人员所掌握。既适用于地而调查直接观测，也适应于采用遥感等新技术方法定性定量

的判别确定。

2. 土地荒漠（退）化类型的划分体系及其依据

(1) 土地利用现状分类（第1要素）

对于与荒漠化有关的部门，如农业、林业、牧业、水利、土地、环保等，土地资源的利用类型无疑是最直观和最广泛认同的稳定属性。土地资源的利用状况及其变化与社会经济和各种生产活动等休戚相关。荒漠化，即生态环境恶化和土地退化正是通过不同的土地利用类型的土壤物质流失，土地物理、化学和生物特性或经济特性退化，及自然植被长期丧失等现象得以表现和反映出来。如农田风蚀沙化、草原砾质化、森林和灌木因地下水位降低而死亡导致的荒漠化等。即使未利用地类，如沙地、盐碱地也可因干旱和风蚀等原因而向深度荒漠化发展。

土地利用类型只是土地荒漠（退）化分类体系的一个纲，一个起点，一个土地利用现状的描述。其中有的地类，如某些大的沙漠中的沙地、高山上的裸岩、裸地可能是历史地质时期形成的。有些地类，如沙质的草地、盐碱地、黄土高原的裸土地等，则是过去干旱、水土流失等荒漠化因素造成的后果。土地退化类型划分不应该停留在土地是否为荒漠化状态这一表象现状的划分上，而应进一步着眼于不同土地利用类型土地荒漠化影响的过程、动态和潜在性状。

土地利用类型可以根据全国土地利用现状分类标准及荒漠化监测和防治的需要归纳为6大类，作为1级分类。即：

Ⅰ　农地（N）

Ⅱ　林地（L）

Ⅲ　草地（C）

Ⅳ　水域（S）

Ⅴ　城乡工交用地（G）

Ⅵ　未利用地（W）

在1级分类下续分2级类型。如农地可根据灌溉情况分为水田、水浇地、旱地等；林地可分为有林地、灌木林、疏林地、苗

圃及林果园地等；草地可按植被盖度大小划分 2 级类型；水域可分为河流、湖泊、水库等；城乡工交用地可分为城乡建设用地、工矿用地、交通用地等；未利用土地可分为沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、其他未利用和难利用土地等。

(2) 土地荒漠（退）化类型（第 2 要素）

土地荒漠（退）化指征，如风蚀、水蚀、板结、水涝和盐渍化、植被退化等及其表现形式的地表形态结构、指示植物以及人为影响、地面及土地组成物质等都是直接可观测的标志。这些指征的确定可以判别土地荒漠（退）化的类型和程度，重复测定时可以反映土地退化的发展趋势。上述土地荒漠（退）化类型的机理和内容都各不相同，也易于观测确定。因而可以作为土地荒漠（退）化分类的第二层次，在各土地利用类型下续分为：

Ⅰ 沙质荒漠（沙漠）化（sh）

Ⅱ 盐渍化（y）

Ⅲ 水蚀（s）

Ⅳ 土壤板结（b）

Ⅴ 砾质荒漠化（e）

Ⅵ 土质荒漠化（t）

Ⅶ 工程技术性荒漠化（g）

Ⅷ 草原退化（c）

在实践工作中，将依据国际荒漠化的定义，结合我国国情和监测技术实施的要求和可能，再续列若干土地荒漠（退）化类型。并按荒漠（退）化土地的特征标志和量化指标，进一步确定各土地荒漠（退）化类型的低级分类及其评价指标体系。如沙质荒漠化可续分为风蚀沙漠化和堆积沙漠化等，盐渍化可续分为地域性盐渍化和次生盐渍化等。

(3) 土地荒漠（退）化程度的分级（第 3 要素）

对受到各类荒漠化影响的土地，必须依据一定的客观指标，划分其受荒漠化影响的程度，以此作为划分土地荒漠（退）化类型的第 3 个内容。

Ⅰ. 尚未荒漠（退）化（1）

Ⅱ. 轻度荒漠（退）化（2）

Ⅲ. 中度荒漠（退）化（3）

Ⅳ. 重度荒漠（退）化（4）

（4）土地荒漠（退）化发展类型（第4要素）

根据对荒漠（退）化土地的治理情况可以将其发展方向分为两大类。即：

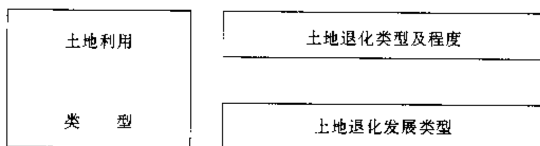
Ⅰ 继续荒漠（退）化的土地（j）

Ⅱ 经治理逆转的荒漠（退）化土地（n）

3. 土地荒漠（退）化类型的命名及代玛

采用土地退化发展类型＋土地退化程度＋土地退化类型＋土地利用类型为受荒漠化影响地区的土地荒漠（退）化类型命名。如：继续退化的中度次生盐渍化农地，治理中的轻度沙漠化林地等。

每一块受荒漠化影响的土地都可以下列代码方式表示或进行图例注记。



则上述土地退化类型命名的两例可分别表示为：

$$N_j^{y3}; \quad L_n^{xh2};$$

（三）区划与分类指标体系

上述荒漠化生态环境的区划与受荒漠化影响的土地退化分类都需要有一个科学的、可行的指标体系为依据。联合国粮农组织和联合国环境规划署（FAO 和 UNEP）曾经制定了一个沙质荒漠（沙漠）化分级标准。分轻度、中度、强度和极强度四级，提出了25个指标的分级标准。其中评价沙漠化现状的指标有：①沙丘占

地百分比；②土壤表土损失率；③现实生产力占土地潜在生产力的比率；④土壤厚度；⑤地表岩砾覆盖率。评价沙漠化速率的指标有：①面积年扩大率；②土壤单位面积每年损失量；③生物生产力年下降率；④1米线年输沙量。评价沙漠化内在危险性的指标有：①土壤结构；②2米高平均风速；③起沙风频率；④沙粒运动潜在能力。评价引起沙漠化的人畜压力有：①人口超载率；②牧畜超载率。

同时，上述国际组织亦制定了地区性沙漠化程度判定和沙漠化发展趋势判定的方法与指标。但是这些指标体系在学术和应用中尚有很大争议，主要是科学论证不够。也有一些针对盐渍化、土壤板结与结壳和水蚀等土地退化过程的类似评价指标体系见诸于报道。这些评价方法的适用性往往有很大局限性和人为性，有些内容的可行性也值得推敲。对于我国荒漠化监测而言，是制定一个普遍适用于全国的分类指标体系，还是分区制定；是绝对量的指标，还是相对量的指标，尚需在实践中反复调查研究，逐步完善，但是一个科学的荒漠化监测工作无疑需要一个科学、实用、可靠的评价指标体系为基础，从而推动我国荒漠化监测和研究工作的发展。

四、荒漠化监测的实施

全国性规范化的荒漠化监测对于我国是一项新的工作，涉及范围广、内容复杂，需要多部门和多学科专家及实践工作者的协同努力，促进和发展这一工作。从实施的角度，先要在一些典型荒漠化地区，进行荒漠化监测的试点，试验技术方法，改进和完善分类评价指标体系，取得经验后逐步铺开。主要工作有全国性的荒漠化监测和重点地区的荒漠化监测两方面。

（一）全国荒漠化遥感综合监测

——每隔5年进行一次全国荒漠化遥感综合监测工作。

——宏观信息以遥感监测手段为主获取，通过解译分类，计

算机成图。

——遥感图象提供了分类信息。在其上布设一重地类面积比例判读样本，测算样地内部各类土地所占比例。从中抽取少量二重样本地面核查修正。样地数量要确保荒漠化面积的估测精度。样地可以进行多期遥感图象复位对比，或辅以地形图和GPS现地定位，复位观测。

——监测成果可根据需要落实到县(乡)，特别是重点监测区。

——以省为总体进行监测，建立省级荒漠化信息管理系统。

——以全国为总体汇总全国监测结果，建立全国荒漠化信息管理系统。

（二）重点监测区的遥感综合监测

——每年都要进行一些重点监测区的遥感综合监测。

——遥感与地面监测手段结合，通过试验，逐步转为以遥感手段进行监测、计算机信息管理为主。

——在典型和重点防治区充分利用各部门已有的持续性定位观测站和流动观测点的工作和技术基础进行监测。

——遥感技术解决分类成图和抽样控制，地面监测解决实地核查和定位深层次剖析。

——通过调查、试验研究，不断完善荒漠化遥感综合监测技术体系，逐步建立荒漠化遥感分类专家系统。建立包括数据库、动态预估模型、GIS和多媒体技术的现代荒漠化信息管理系统。

（三）区域性和全球性荒漠化监测信息的收集与交流

荒漠化是与全球性气候变异密切相关的生态环境和土地退化现象，我国的荒漠化监测工作应该和区域性和全球性荒漠化监测工作相衔接，进行信息的收集、整理和分析，互通与共享信息，以探求获得广泛的荒漠化时空模式，将更有助于制定防治荒漠化的政策和技术措施。同时，在国际间广泛和深入交流荒漠化监测的技术和经验，不断提高和完善我国的监测体系，从而，为我国和区域性，乃至全球的荒漠化防治工作作出我们应有的贡献。

参 考 文 献

1. 联合国关于在发生严重干旱和/或沙漠化的国家特别是在非洲防治沙漠化公约.

2. ESCAP/UNEP Research and Training Centre on Desertification Control, Academy of Sciences of Turkmenistan, Desert Research Insititute, Assessment and Mapping of Desertification Processes, a Methodological Guide, 1993.

3. 慈龙骏. 全球变化对我国荒漠化的影响, 自然资料学报, 1994 (4).

4. 董玉祥, 刘毅华. 国外沙漠化监测评价指标与分级标准, 干旱环境监测, 1992; 6 (4).

5. 王礼先. 全球荒漠化防治现状及发展趋势. 世界林业研究, 1994 (1).

6. 朱震达, 刘恕. 中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划. 北京: 中国林业出版社, 1981.

7. 中国科学院遥感应用研究所. 晋陕蒙接壤地区脆弱生态系统遥感监测与管理研究. 北京: 宇航出版社, 1994.

8. 赵桂久等. 生态环境综合整治和恢复技术研究 (第一集). 北京科学技术出版社, 1993.

9. 龚洪柱等. 盐碱地造林学, 北京: 中国林业出版社, 1986.

10. G. J. Barrow, Land Degradation, Cambridge University Press, 1990.

11. 马长春译. 采用遥感技术编绘沙漠化地图的经验.

12. 艾伦・格兰杰 (白晓华译), 沙漠化过程的特征及其评价, 沙漠化草地.

13. H. E. Dregne (韩清编译), 沙漠化指征,《Expert Meeting on Methodology of Desertification Assessment and Mapping》, 1979.

14. 中国荒漠化监测中心 (筹). 中国荒 (沙) 漠化监测原则技术方案, 1994.

对抗土地荒漠化的谋略构想

田 裕 钊

（中国科学院）

在某些发展中国家内，土地荒漠化已造成严重的社会后果。在个别的地区和一些个别的国家中，这种后果有悲惨的灾难性质，引起了包括自然科学家、社会学家、经济学者以及执政的领导人的普遍重视。

自然科学家们从各自的专业出发，提出了医治土地荒漠化的"处方"，是精心制定的和多式多样的。但是，1977 年内罗毕联合国荒漠化会议以来，在全世界范围内，土地荒漠化的进程并没有停止，局部地区程度有所加剧。因此，人们有必要正视这种现实，在总结成功的经验和失算的教训中，寻找合宜的综合性的对策方略。

我国在干旱和半干旱区曾经历过大规模的土地垦殖，从 50 年代起，由中央级部门协调，会同各地区，曾发动大规模的防止水土流失和治理沙漠的运动，提出过"绿化沙漠"的目标。在非洲，也有建立绿带阻止沙漠扩大的设想。这些目标雷同的庞大的方案、计划，有相当多的部分已被实践证明是不切实际的。除了投资的困难外，对抗土地荒漠化的谋略构想，没有从实际出发，未能正确地评价环境条件的局限性，缺乏从整体观念出发、综合性地认识土地荒漠化的深刻社会原因，是成效不大的根源。

在分析了对抗土地荒漠化的成功进展后，我们试图将对抗土地荒漠化的谋略构想，用生态学的基础理论加以概括，以期通过研讨，引出正确的符合哲理的结论。

谋略之一:“1+1和2−1”。这是水分匮乏的干旱生境条件下，整治土地荒漠化策略的核心。不妨借用一个形象的比喻来说明这一谋略构想的内容实质：用不足量的食物喂养2只鸡，不如用这些饲料供养1只鸡，即：1+1或2−1。

在这种策略构想指导下的具体对策原则举例：

1. 不在干旱半干旱区提出过高的整治目标，例如，绿化沙漠、营造大面积的乔木林等等。而是重视利用灌木半灌木的抗逆性，营造2～3年内就能见效，并不断地提供林产品(如干鲜果品、香料、药材、油料、工业原料、饲料、纺织原料、薪柴）以及发挥防风固沙和保持水土功效的疏林。

2. 鉴于水分的匮乏是生物生产力的主导限制因子，因而，要着力于灵巧地利用降水和减少水的耗损。例如，采用覆膜技术，降低土面蒸发，减少水分的无效损耗；完善古老的径流农业的集水方法，把两块地上的降水在一块地上使用，等等。

3. 保留适当比例的流沙地，利用流沙地的保水生态作用涵养水源。

4. 变在广大面积上的土地粗放经营方式（如撂荒农作，游牧)，为在小块土地上的集约经营。集约经营是现代文明的重要特征。着力发展塑料大棚和人工控制生境的温室作业。

谋略之二：“扬汤止沸，不如釜底抽薪”。这是中国的一句古话，意思是说，把锅子底下的薪柴抽出来，才能从根本上防止水的沸腾。

如果荒漠化土地上居民的基本需求得不到最低水平的满足，即形成对土地压力的根本原因不能排除，则一切整治荒漠化的措施，不管是单项的还是综合的都难以实施，或不能显现其治本的功效。近10年来，全世界对抗土地荒漠化的行动不力的教训之一，就是对抗措施往往着眼于制止、控制土地荒漠化的发展，而社会系统没有，也不可能中断为满足需求做出的努力。因而，整治的谋略应当是集中地排除形成土地荒漠化的社会经济原因。换言之，寻求出路，满足或补充基本需求，目标就是“增多产品生产量，提

高商品供应力”。一种措施，只要求投入；或要求长周期的生产；或投入大于生产，则这种措施不能认为是理想的。如果某种措施的投入能很快地换取产品和商品，而且不要求长周期的周转，或产出大于投入，即有利可图，则整治措施本身变成了一种开发活动，就为整治方略注入了一种活力、吸引力、生命力。

不再是消极地象消防队救火那样被动地去救灾，而是积极地用开发的手段满足土地荒漠化地区居民的需求。世界上有的干旱、半干旱地区通过艰苦地开拓取得成功，变为商品出口基地的实例，证明这种谋略思想是可靠的，有依据的。

谋略之三：“不要把所有的鸡蛋统统地放在一只篮子里。”发展中国家存在土地荒漠化的地区，在经营上长期以来遵循着传统的方式，产业结构单一，农牧业的比重很大，工业和第三产业薄弱。干旱区的传统农牧业，是有风险的事业，受制于自然因素的波动变化的影响。结构单一的经济结构，就等于把所有的鸡蛋统统地收放在一只篮子里的做法，一着不慎，全盘皆输，这不是明智的谋略。

要改变过去在生产经营中单一的经济结构，充分发掘自然资源和自然条件的可能性，着力于建立一种多样化的、有互补功能的经济结构。

例如，我国的干旱和半干旱地区近几年迅速兴起的开采业（淘金业、大理石开采、沙石建筑材料和其他工业材料的开发，如石膏、芒硝、食盐等）、建筑业、编织业、旅游业、劳务输出等，不但增加了当地居民的收入，而且将相当数量的居民，从依赖土地的生物生产活动中解脱出来，不再承受风险的打击。

根据一个地区的自然条件分异性的特点，实行分区指导的方针，在农业中发展多种经营，变单一的粮食生产，为农、林、牧、副多种门类的经营，扩大林牧比重，已被证明具有抗御自然灾害的稳定性。

生态农业，立体种植，土地轮作，用间种和套种扩大复种指数等农作技术的改进，为多样化的农业经营，开辟了新的前景，提

高了单位面积土地的人口承载能力。

谋略之四：运用“咯吱轮”原理，向社会各阶层的人们灌输生态意识。我们这些发展中国家的人在走访发达国家，看到那里的土地上绿茵遍野、林木葱郁时，很快还会发现，第三世界发展中国家与发达国家相比，有一个区别，就是居民的生态意识上的差别。这种差别的形成有深刻的社会经济、传统背景等历史原因，但是，教育的严重不足也是一个重要的方面。

居民生态意识上的差异所造成的影响是十分深刻的，大至国家和某一地区发展方略的抉择、重大工程的论证和生产结构的确定，小至每一个居民的个人经营活动、社会的道德风尚，以及体现在每一个在职人员对环境维护的责任感和良智上。

土地荒漠化日益发展着的干旱、半干旱区的居民，大多数人往往把自己的注意力集中在近期的、住地周围的和经济的实际利益上，力求获得更多更大的个人实惠；对于长远的、宏观的、生态的后果，多半无心顾及或关心不多。地区领导人在指导上的盲目性（如希望人丁兴旺）、决断上的误导（如大面积开垦草原）、控制上的失度（如追求牲畜存栏头数的扩大），往往带来土地荒漠化的后果。

因而，要认真地重视社会舆论，开展全民的生态教育，并把这项事业看做是正确行动的先导。没有这种教育的先导作用，其他的一切，都无从做起。

这形同于一位美国朋友比喻的那样：一部机器得不到润滑，就会出现咯吱咯吱叫的声音。咯吱咯吱叫的轮子先得上油。土地荒漠化的问题是严重的，我们应当让每一个社会成员，包括领导人、主管部门、计划和拨款者、规划和设计师们、教育家、土地经营者，直到在校的学生们，都能听到咯吱咯吱叫的声音——土地荒漠化的严重现实，应当引起足够的重视，该加油了。

县级土地荒漠化动态监测系统的建立

——以北京市大兴县为例

王　贤　赵廷宁　张劲松　章齐国

（北京林业大学水土保持学院）

一、土地荒漠化及其监测

土地荒漠化系指由于包括气候变化和人类活动等各种因素造成的干旱、半干旱、干旱的亚湿润地区的土地退化。它已成为威胁人类生存的最严重的环境问题之一。为了保护地球的生态环境，遏制荒漠化蔓延，联合国于 1994 年签署了联合国防治荒漠化公约，采取全球联合行动和荒漠化作斗争。

荒漠化包括由风力和水力造成的土壤侵蚀，及次生盐渍化造成的土地荒废。荒漠化导致环境全面恶化，地形改变，利用难度提高；地表组成粗化，表层土壤物理性质恶化，向贫瘠化发展；生物产量下降；气候变劣，灾害增加，生态系统功能衰退以至丧失，生态系统平衡遭到破坏乃至崩溃。

为了更有效地和荒漠化作斗争，我们必须及时掌握荒漠化现状（类型、面积、分布、程度）、变化趋势、变化过程及原因、荒漠化防治效果，为各级领导正确决策提供必要的依据。这就必须建立全国的荒漠化监测中心，设置不同层次（中央、省、地区、县）的监测机构，构成全国的监测网络。这是荒漠化防治不可缺少的组成部分。由于种种原因我国目前只有少数科研单位进行过

局部探索，尚未进行全国性的荒漠化监测工作。在此形势下，作为荒漠化动态监测的基础工程，全国沙漠化土地普查项目已于1994年夏天在全国展开，配合该项工作我们以大兴为例开展了县级土地荒漠化监测系统的建设工作。

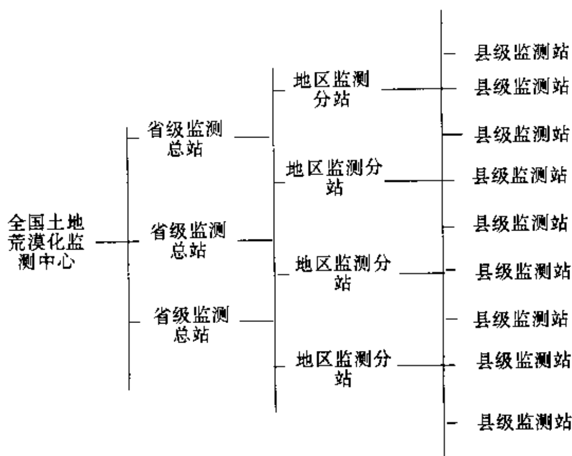
荒漠化监测可以多种方法进行：人工方法，需要动用大批人力物力，时间长，进度慢，受主观影响较大，效果较差；采用遥感、微机、地理信息软件系统来进行监测，省人省力、快速准确，能较大幅度提高工作质量。符合县级部门现有的技术装备水平，在目前情况下，上述两方法宜配合使用。

二、建立县级土地荒漠化监测系统的基本构想

监测是通过一定的技术手段，用科学方法对某一总体或某一子系统定时地或分时段地进行观察、分析、评价、模拟与预测。土地荒漠化监测是针对某一地区或系统的土地荒漠化问题进行的监测，从而准确了解某地区的土地荒漠化的现状与发展趋势，分析对农牧业生产、生态环境、社会、经济生活的影响，为采取有效的防治措施提供准确依据。

在干旱、半干旱及干旱的半湿润地区建立系统完整的全国土地荒漠化动态监测中心是在全国范围内（同上地区）防治土地荒漠化，有效地整治国土，保护与改善宏观生态环境，抵御自然灾害，合理利用水土、生物资源，持续发展地区经济的需要，也是各级决策机构掌握全局，对荒漠化问题分类指导，科学制定总体防治战略原则，因地制宜地采取有效的技术措施，争取三个效益同步实现，保证荒漠防治工作健康发展的需要，因而是一项极重要的基础工程。

为此，该中心既要有调控全局的网络中心，又要有不同层次与功能的监测站。其网络结构应该是：



根据我国情况，确定以行政区划（中央、省、地区市、县）隶属关系建立监测机构便于领导与管理。在中央与省级也可考虑建立以自然地理、气候因素为特征的区域性的（如：流域、盆地、沙漠、干旱区、半干旱区、半湿润区等）监测工作机构，以利于区域性荒漠化防治工作的组织实施与管理。在上述四级监测网的建设中，以县为基础单元的方案是适宜的。

县级监测系统的建立应遵循如下几条原则：

（1）系统必须建立在统一的科学实用的土地荒漠化监测评价指标体系的基础上，以便为上一级监测部门提供基础数据。

（2）系统的硬件要求不宜太高，以适应县级行政业务部门的经济技术水平。

（3）所建系统应通用性好，兼容性强。一方面便于利用其他系统的软件及数据系统；另一方面也便于为其他领域服务，开发其他专题性应用系统。

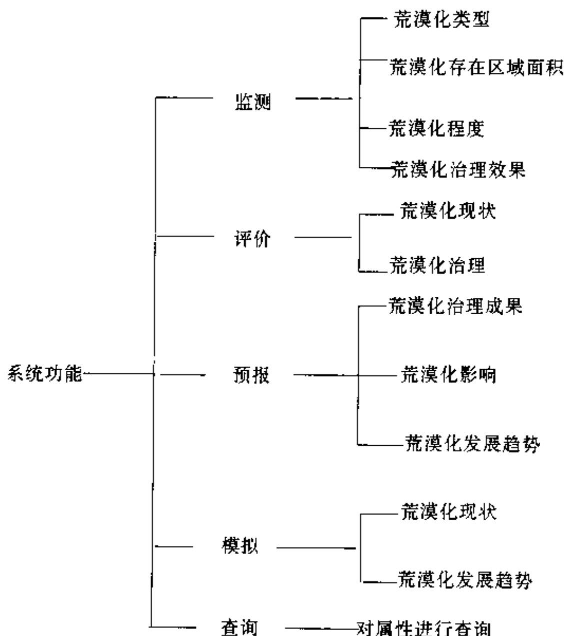
（4）系统功能应满足荒漠化监测、评价及预报的要求，特别

是资料的输入部分，要适应不同规格的绘图件、图片、航片等多层信息，充分利用现有的数据资料。系统必须界面友好、操作方便。

三、县级土地荒漠化动态监测系统的构成

（一）系统的功能设计

根据系统建立的原则，功能设计如下：



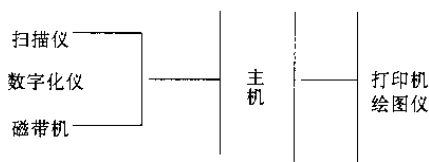
监测功能：系统定时对某一地区进行定量分析，作出对比，从而显示土地荒漠化的现状、发展趋势和治理效果。

预报功能：系统不仅能显示荒漠化现状，而且能根据监测资料、借助模型模拟、预测一定时段或未来一定时期土地荒漠化发生的发展情况。

评价功能：系统可对某一地区的荒漠化情况作出评价，并给出专题图、数据、表格。

查询功能：系统不仅能对本身的数据库进行查询，且可与其他系统联网，与上下级监测站联网，实现全系统的资料查询。

（二）系统的硬件构成



硬件要求：

主机：

386\486\586 原装或兼容机；

内存：	4MB 以上
显示卡\器；	VGA\EGA\C400
数字化仪；	TG 系列；CALCOMP 系列；CD 系列，
矢量绘图仪；	HP 系列；ROLAND 系列；DMP 系列，
彩色\黑白 24 针点阵打印机	EPSON 系列；STAP 系列；NEC 系列；BROTHER 系列，以及其他兼容打印机，
亦可选配	HP－DESHJET500C 喷墨

打印机，NOVA JET500C
喷墨打印机，流带机，墨白二
值工程扫描仪等

硬件的选配可根据具体情况，最低配置为386主机＋A3幅面数字化仪＋彩色\黑白24针点阵打印机，由于系统的数据处理比较频繁，应尽可能采用内存大、主频较高的主机。

（三）系统软件构成

软件构成是系统的关键。本系统以中国林科院副研究员唐晓明博士最新开发的WINGIS为主体暂配合使用北京开汇资源环境新技术研究所研制的SPECEMAN－MAPPER，DOS环境下的遥感图像处理软件。遥感系统主要是为收集资料服务的，通过遥感测量可准确获得土地荒漠化的第一手资料。地理信息系统空间数据管理、属性数据管理于一体，在荒漠化动态监测中，主要依靠WINGIS的管理功能，进行土地荒漠化的图形制作、数据处理和属性的综合查询。

四、县级土地荒漠化监测指标体系

土地荒漠化的指标体系是监测、评价的依据与标准。只有依据正确的指标才能得出合乎实际的结果。因此，建立正确的指标体系是荒漠化监测成功的关键之一。建立科学的指标体系既要符合中国幅员广大、情况复杂的实际，又要考虑与国际标准的接轨问题，具有高度的国际统一性。否则我们的资料无法纳入国际系统与之接轨；还要考虑，指标不应过于复杂和繁琐，要便于掌握和应用，从而具有很高的可操作性和实用性。为此，应参考国际通用标准，在全国范围内进行调查研究，包括必要的试验工作，广泛征求各方专家（治沙、气候、土壤、地质、农林牧水）的意见，经过学术界充分探讨，经过验证与修改，最后完善定型，形成全国统一的包括各地带的指标体系。这一指标体系主要应包括：

（1）土地荒漠化的程度分级标准。以沙质荒漠化为例，包括

沙漠化土地占该地区面积的比例，地貌类型，沙丘高度、密度，植被覆盖度，沙丘活动程度等等；

(2) 效益评价指标体系；

(3) 土壤（肥力）指标体系；

(4) 土地类型指标体系；

(5) 地质指标体系；

(6) 农林牧业指标体系。

在尚未全面系统研究统一的指标体系之前，为探索荒漠化监测方法，我们在建立大兴土地荒漠化监测系统时，暂用专家们以往较有代表性的沙漠化分级指标。

五、县级土地荒漠化监测系统的建立方法

北京市大兴县土地平坦，高差不大，地下水位日渐下降，基本不存在降雨造成的水蚀及严重的次生盐渍化。荒漠化形成主要为沙质荒漠化，实际是土地风沙化。

系统建立可分为三个步骤：

1. 资料收集

资料牧集包括监测地区的社会经济情况、自然状况，特别是监测地区的沙漠化状况、植被状况等。资料收集途径有：

(1) 通过实地调查得到，这种方法精度高，速度慢；

(2) 通过卫片判读，这种方法速度快，精度差，可用以宏观控制；

(3) 通过航片判读，这种方示速度快，精度高，但费用大，可用细部或抽样判读；

将收集到的资料分图形和数据分别进行整理，通过数字化仪输入系统。

2. 图形和数据的管理和操作

(1) 确定点状图、线状图、面状图的点、线等级值

在荒漠化监测中，由于输入的图中点、线、面各元素含义不

同，必须应用 WINGIS\COD 中的等级值文件定义相应的等级值。其数据结构和 DBASE 数据库结构相同，与 FOXBASE 兼容。

（2）确定地图的层次，并对每层图进行数字化

本系统在处理地图的过程中，将地图按点、线面等不同的特征，将其分成点状图、线状图、面状图等值线图等不同层次，层次确定后即可利用数字化仪或对各专题图进行数字化输入，形成原始的空间数据文件。

（3）对原始的空间数据进行编辑处理，消除图形输入过程中出现的各种错误，并建立相应的拓扑关系，最后生成可以输出的图形。

（4）建立数据库

对点状图、线状图、面状图分别建立相应的 DBASE 格式数据库，如果原有的属性数据不是 DBASE 结构的形式，可以用数表处理模块中的结构转换功能将其转换成 DBASE 结构的形式。

（5）建立空间属性接口关系

其中包括三方面：①确定属性数据库的关键字的字段；②输入关键字；③建立接口文件。接口文件的文件名必须指明相应的的路径，存贮的文件名前缀必须和专题图名称的前缀相同，后缀必须是 KIB。文件必须置于 WINGIS\DATA 目录下。

（6）以上各步完成以后，就可以进行查询、选取、合并等各项工作。

（7）建立绘图要素

绘图要素包括：图例、图号、线形和填充类型四种。图例设计使用图例设计模块；符号制作使用符号制作模块；线形和填充类型使用线填充和定义模块。

（8）图形输出

对专题图，绘图要素与其他有关因子进行组织布局，设立相应的参数，调整至合适为止。最后连接打印输出设备，绘制出土地荒漠化的各种专题图。

如果要进行数字地形模型分析，必须对等值线图进行矢量栅

格处理，建立相应的高程文件，然后应用立体图模块进行分析处理。

3. 预测和评价

预测主要是通过预测模型来进行，预测模型主要是由数表函数和时间构成。时间是根据具体情况和人为要求来定的，函数可以根据属性因子的变化计算出土地荒漠化的变化情况。

基本函数表达式为：

$Y_1=$ [\$fld (1) + \$fld (2) +……+fld (n)] * H

$Y_2=$ [\$fld (1) + \$fld (2) +……+fld (n)] * H

………

Ya= [\$fld (1) +fld (2) +……+fld (n)] * H

其中：

Ya：土地沙漠化的变化情况

\$fld (n)：文档名和字段号

H：时间

将变化的属性因子填充到专题图中，再进行输出，得到预测图。

系统可以将不同时期的土地荒漠化图形进行叠加，从而对土地荒漠化的演变作出评价，系统可以对属性数据作分析，从而评价影响土地荒漠化的属性因子。

六、大兴县土地荒漠化状况及其分析

（一）大兴县概况

大兴县属暖温带半湿润季风气候，四季分明，春季少雨多风，夏季炎热多雨，秋季天高气爽，冬季寒冷干燥。年平均温度11.5℃，年较差31℃，最高气温出现在7月份，平均25.9℃，最低气温出现在1月，平均－5℃。多年平均降雨量568.9毫米，年际变化幅度大（1959年1057.5毫米，1965年261.8毫米），季节分配不均，7、8月占全年的35～40%，强度大，有效性差。

大兴县为永定河洪积一冲积平原的一部分，土壤按其形成过程主要分为：风沙土、褐土、潮土、水稻土、沼泽土五个土类，其中潮土占94.82%，是对大兴县土地荒漠化有着严重影响的土类，因受近期永定河决口的影响在原沉积物上不断覆盖新沉积物，所以形成大兴县潮土的特有特征：

（1）表土沙粒明显，土体有明显的沉积层理；

（2）熟化的程度较低，没有形成较好的土壤团粒结构；

（3）$CaCO_3$ 含量较高，一般在7%～11%，土壤呈微碱性；

从土壤的特征可以看出大兴县的潮土易受风蚀的影响形成风沙化土地。

（二）资料收集

资料主要包括：大兴县自然概况；大兴县50、60、70、80、90年代沙漠化情况资料；大兴县绿化、造林、治沙、农田建设及其效果的资料；大兴县土壤图、土地类型图、水文图、地貌图、有机质含量图、行政区划图、农业区划图等。

（三）预测和评价

1. 预测

大兴县土地荒漠化预测模型

预测模型主要由数表函数和时间构成，根据大兴县具体情况，将H定为1年，即生成预测模型的时间间隔是一年，N根据资料具体确定。

基本函数表达式为：

$Y_1=$〔\$fld（1）+\$fld（2）+……+fld（12）〕×1

$Y_2=$〔\$fld（1）+\$fld（2）+……+fld（12）〕×1

……

$Y_6=$〔\$fld（1）+\$fld（2）+……+fld（12）〕×1

表． 大兴县土地荒漠化指标体系

	荒漠化类型	严重	中等	轻度	微度	潜在
判	沙漠化土地占区的面积	>50%	25%~50	10%~25%	5%~10%	[illegible]
读	沙丘起伏相对高度（以1米为参考）	>25%	10%~25%	7%~10%	5%~7%	<5%
标	沙丘疏密度（以100个/平方公里为参考）	>50%	50%~25%	15%~25%	5%~15%	<5%
志	沙丘活动程度	流动	半固定	固定	固定	固定
	植被覆盖度	<10%	10%~20%	20%~30%	30%~50%	<5%

式中在对大兴近期沙漠化预测中，H=1，a=6，n=12，得出大兴县90年土地沙漠化情况。

2．评价

通过监测系统对大兴县50—90年代土地荒漠化状况的分析，可得出以下结论：

大兴县土地沙漠化的发生发展情况：

因大兴县的土壤多为沙土、潮土，表层疏松，理化性质差；且降水过于集中在7～8月，干旱时间长；加之风多，植被破坏严重，耕作粗放，无林带防护，土地极易沙化。历史上形成大面积流沙地貌。自建国以来大兴县投入大量的人力物力对风沙化土地进行长期治理，取得显著成效。

大兴风沙化土地的变化按治理过程可分为四个时期：

（1）50～60年代土地风沙化猖獗时期。全县54．2%的土地都存在不同程度的风沙化，流动沙丘多，植被稀疏，固定、半固定沙荒以茅草为主，农业只能种耐风沙的红薯、花生、红豆等，无林网，仅可见稀疏单株树丛。群众烧柴非常困难。1952年开始建苏式林网，因影响耕作而遭破坏。

(2) 60～80 年代农田林网化建设时期。这一时期大力建设农田林网，摒弃了前苏联模式，根据风沙危害在 200～400 米之间确定林网带距。林网建立后，平整土地，开发农田，发展灌溉，建立粮、果、林、油、瓜、菜生产基地。

(3) 1982～1986 年片林发展时期。从 80 年代初开始在沙荒地上进行大面积片林建设，总面积达 8 万多亩，沙荒地被改造成用材林、景观林基地，甚至开发成旅游资源。

(4) 1986 年到现在沙地综合开发时期。在稳步治理风沙化土地的同时，因气候干旱，过度超采地下水，造成地下水位严重下降。大兴县采取节水措施，扩大灌溉面积，发展经济林，巩固发展治沙成果，取得明显生态经济效益。

通过预测与评价，可看出大兴风沙化土地经进 40 年的不断治理，在逐年减少，沙漠等级在逐年降低（表 2），可望在本世纪全部消灭。但因近年干旱严重，须警惕荒漠化有恢复的危险。

表 2　大兴县沙漠化土地面积变化表　（单位：亩）

	荒漠化程度	70 年代	80 年代	90 年代
荒漠化面积	严重沙化地	42460.8		
	中度沙化地		315785.7	5432.9
	轻度沙化地	68673.4	12464.7	21035.7
	微度沙化地		64251.1	32043.9
	潜在沙化地		14689.5	8046.3

附：大兴县 90 年代土地荒漠化（风沙化）状况图（图 1）

大兴县 70 年代土地荒漠化（风沙化）状况图（图 2）

大兴县 80 年代土地荒漠化（风沙化）状况图（图 3）

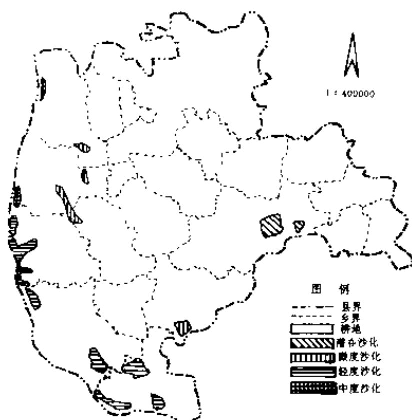


图 1 大兴县 90 年代土地荒漠化（风沙化）状况图

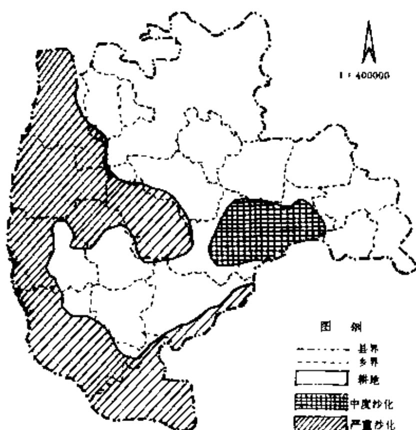


图 2 大兴县 70 年代土地荒漠化（风沙化）状况图

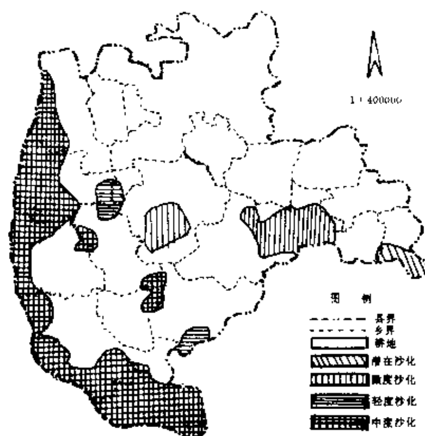


图 3 大兴县 80 年代土地荒漠化（风沙化）状况图

晋陕蒙中部开发区的资源—环境—人口问题及对策

郭 绍 礼

（中国科学院 国家计委 自然资源综合考察委员会）

晋陕蒙接壤区聚集着丰富的能源资源，是我国新开发建设的极为重要的国家级能源基地。

本文所指晋陕蒙中部开发区包括陕西省的榆林、神木、府谷、佳县；内蒙古自治区伊克昭盟的东胜市、伊金霍洛旗、达拉特旗、准格尔旗，共计8个县（市），面积43661.58平方公里（表1）。该区北靠呼包经济区，西邻银石经济区，东接太大经济区，地处晋陕蒙的中心腹地，是当前正在开发的重点地区。

表1 晋陕蒙中部开发区面积统计

县名	总面积（平方公里）	占总面积的（%）
东胜市	2188.50	5.0
达拉特旗	8207.74	18.8
准格尔旗	7566.23	17.3
伊金霍洛旗	5978.14	13.7
榆林县	6985.56	16.0
神木县	7465.10	17.1
府谷县	3194.24	7.3
佳县	2076.07	4.8
总计	43661.58	100

一、资 源 问 题

（一）农业资源

（1）该区宜农土地资源丰富，但结构不合理。灌溉农业比例小，旱地农业比重大（表 2）。在旱地中旱坡地多，梯田、坝地少（表 3）。

表 2　水旱耕地结构　　单位：万亩

地　区	总耕地（万亩）	旱耕地（万亩）	水浇地（万亩）	水地占耕地的（%）
榆　林	126．46	82．82	43．64	34．5
神　木	184．16	168．2	15．96	8．7
府　谷	98．14	92．17	5．94	6．0
佳　县	107．1	104．34	2．76	2．5
东　胜	62．72	60．42	2．3	3．6
伊　旗	68．33	61．90	6．43	9．4
达　旗	129．61	65．4	64．21	49．5
准　旗	179．48	162．53	16．95	9．4
合　计	956	797．78	158．22	16．6

表 3　旱耕地结构　　单位：万亩

地　区	梯　田	坝　地	坡地及其他旱地
榆　林	15．58	1．78	65．46
神　木	16．98	2．01	149．21
府　谷	16．00	1．9	74．27
佳　县	37．40	3．01	63．93
东　胜	0．52	0．96	58．94
伊　旗	0．65	0．18	61．07
达　旗	0．36	3．77	61．27
准　旗	3．33	4．77	154．43
合　计	90．82	18．38	688．58

从上述各表中可以看出，全区现有 956 万亩耕地中，仅有 158．22 万亩水浇地，仅占总耕地面积的 16．6%。由于水地少，旱耕地多，形成了以旱作农业为主的地区，面在旱耕地中，坡地占了 86．3%，梯田占了 11．3%，最少的是坝地，仅占总耕地面积的 2.4%。所以该地区中低产田多，8 个县平均单产仅有108．25

公斤。

(2) 宜林地面积广大，但现有林地少（表 4)。

表 4　林地面积统计　　单位：万亩

地　区	宜林地	现有林地	现有林地占宜林地的 (%)
榆　林	467. 73	245. 48	53
神　木	538. 70	171. 53	32
府　谷	165. 92	40. 19	24
佳　县	87. 84	49. 37	56
东　胜	52. 16	21. 67	42
伊　旗	184. 69	64. 17	35
达　旗	274. 69	64. 21	35
准　旗	311. 89	87. 33	23
合　计	2078. 61	743. 95	36

全区现有林地总面积为 743. 95 万亩，其中一等宜林地占 11. 4%，二等宜林地占 66. 5%，三等宜林地占 22. 1%。表明本区适宜发展灌木林的条件较好，而发展乔木林的条件较差。因此，在这里形成了灌木多、乔木少，人工林多、天然林少，纯林多、混交林少，幼龄林多、成龄林少的特点。

(3) 草场面积大，超载现象极为严重（表 5)。

表 5　草地与载畜情况统计

地　区	天然草地（万亩）	载畜量（万头）	实际牲畜量（万头）	超载量（万头）	超载量占载畜量 (%)
榆　林	454. 38	31. 75	45. 51	13. 76	43
神　木	472. 50	26. 25	59. 02	32. 77	124. 8
府　谷	169. 83	19. 68	32. 14	12. 46	63. 3
佳　县	65. 25	10. 13	31. 5	22. 37	220
伊　旗	499. 06	24. 46	66. 81	42. 35	173
东　胜	207. 84	6. 07	20. 23	14. 16	232
达　旗	616. 72	33. 71	65. 37	31. 66	79. 3
准　旗	415. 24	13. 3	57. 41	44. 11	331
合　计	2900. 82	165. 35	378. 99	213. 64	129. 2

从表 5 中可以看出，全区可利用的草地共计 2900. 82 万亩。其中一等草地占 6. 3%，二等草地占 44. 2%，三等草地占 49. 5%。

造成这种结构的根本原因在于本区的农业垦殖历史较长，土地开垦十分充分，所以天然草场及其他原生植被几乎破坏殆尽。现有的天然草场植被多属于次生类型，且以次生性灌丛草场和半灌木蒿类草场、撂荒地次生草场占大多数。因此，该地区草群质量差，产草量低。草场牲畜量超载，进而使草场退化。

上述农业资源的现状突出表现在干旱和半干旱区，广泛存在的问题是：农、林、牧的结构不合理；粮食产量低而不稳；林地功能不高；草场载畜过重。

（二）工业资源

该地区矿产资源丰富，有煤、石油、天然气、铝钒土、高岭土等。并以煤炭、天然气、电力能源资源为主。1990年底煤炭累积探明储量2050亿吨，保有储量2050亿吨，占全国1/4强；天然气基本探明储量已超过1000亿立方米，年产能超过30亿立方米，即将成为国家大型天然气输送基地。区内煤、水资源条件好，火电站选址、电力基地建设条件得天独厚，可规划发电装机容量至少在4000万千瓦以上。因此，我们认为该区可作为我国最大的动力煤基地。天然气输至榆林可作为化工原料就地转化利用，更可作为民用燃料，输送至北京，对其环境改善有着十分重要的意义。电力基地尚待开发，不仅能输出于2倍长江三峡水电站的电力和电量，而且还可替代大秦铁路的运力和运量。为此，这里将成为我国最大规模的输出煤炭、天然气和电力的综合基地。但是随着煤炭开发规模的不断扩大，运输持续紧张，以运定产的局面，仍是一个严重的限制因素。

二、人　口　问　题

该地区人口增长速度较快，截止到1990年，人口达到1 892 589人，其中城镇人口占总人口中的24.5%，农村人口占75.5%。该地区人口增长速度普遍偏高，自然增长率达18.21‰，高于全国平均水平，其中陕西4个县又高于内蒙古4个县，前者

自然增长率达 26．8‰，后者达 9．6‰。由此看来控制人口数量的增长任务，还很艰巨（表 6）。

表 6　人口现状统计

地　区	总人口	乡村人口	城镇人口	自然增长率（‰）
榆　林	359537	244153	115384	35．70
神　木	303816	183037	120779	20．42
府　谷	186904	158534	28370	16．14
佳　县	226849	171510	55438	34．99
东　胜	142307	64816	77491	1307
伊　旗	131249	111445	19804	6．63
达　旗	304968	272953	32015	9．59
准　旗	236860	222219	14641	9．14
合　计	1892589	1428667	463922	18．21

人口的增长，一方面为工业和乡镇企业的发展，提供了廉价劳动力资源，另一方面也要满足人口对粮食、农副产品的需求，为此产生了紧张的供需关系。

人口虽有增加，但人口素质普遍较低，榆林 4 个县每万人拥有各种文化程度的人数，分别为大学 48 人、高中 549 人、初中 120 人、小学 3073 人。所以在许多企业、事业单位，普遍存在科技人员少、科技水平低的现象。因此，今后接受系统的培训工作，掌握先进的科学技术，在本区也至关重要。

三、环 境 问 题

该区地处鄂尔多斯高原向黄土高原、风蚀沙地向黄土丘陵、风蚀向水蚀的过渡地区。因此，环境十分脆弱，存在着水土流失、风蚀沙化、土地退化工业污染、草场退化、五大环境问题。其中水土流失和风蚀沙化最为严重，水土流失面积约 37　580 平方公里，占总土地面积的 86%；已沙化面积 29　016．8 平方公里（表 7），占总土地面积的 66．4%。水土流失和风蚀沙化问题给当地人民的生产和生活带来困难与灾害，主要表现在减少耕地数量，降低耕地质量；跑水、跑土、跑肥；威胁水库安全，缩短兴利年限，扩

大洪水灾害；破坏交通，从而影响该区经济发展。同时，威胁黄河下游地区人民的生产和生活。

工业污染也在不断扩大，开发煤炭，建筑物增多，对植被的破坏严重，弃土弃碴剧增，截至到1990年，东胜、神府矿区占地面积达77.53平方公里，排弃土石量5 990.09万立方米，待复垦的土地达2 300多亩。矿区从1987年开发以来到1989年，年平均所增流失量达478万吨。但治理速度又很缓慢，30多年来8个县治理面积只占流失面积的38.5%。矿区的治理，刚刚起步，还未见成效。为此构成对全区生态环境的严重破坏，造成土地迅速退化。据调查分析未退化的土壤占总面积的0.52%，轻度退化占3.35%，中度退化的占45.88%，严重退化的占到50.38%。因此，成为全国环境脆弱，土壤退化最严重的地区。

表7 风蚀沙化面积 单位：平方公里

东胜	达旗	准旗	伊旗	榆林	神木	府谷	佳县	总计	占总土地面积（%）
1336.0	6215.35	4182.50	5375.41	5281.14	5231.41	1035.41	261.60	29016.80	66.4

表8 水土流失与治理面积对照

地　区	流失面积（平方公里）	治理面积（平方公里）	治理占流失的（%）
伊　旗	5946	3622	61
东　胜	1985	780	40
准　旗	6236	982	15.7
达　旗	6288	1367	21.7
榆　林	5400	4093	75.7
神　木	6700	1957	29
府　谷	3000	1090	36.3
佳　县	2011	714.3	35.5
合　计	37580	14605.3	38.8

四、应采取的对策

通过资源、环境、人口三方面主要问题分析，可以看出这里

的资源开发利用不充分，人口增长过快，环境问题严重存在而解决又极为缓慢，从而使农业商品产出少，生产的总体水平低。截止1990年，该地区工农业总产值仅达15.6亿元，人均收人仅有399元，至今8个县的温饱问题没有得到根本解决，属于全国的贫困地区。以榆林地区几个县为例，“七五”期间固定资产投资的人均值仅为全国的1/3，1990年人均值只有全国的40.2%，广东的1/4，上海的1/10，分析其原因，主要是脆弱环境制约了资源开发，资源开发又加速了环境恶化，这一主要矛盾所造成。因此，如何实现资源综合开发和环境整治保护的协调发展，就成为该地区十分重要的研究课题。

通过研究，现提出主要对策。

1. 首先对这接壤区的煤炭、电力、天然气、铁路运输为主的地方经济和环境综合治理进行统筹规划，合理安排，分步实施，达到资源利用合理，环境治理有序。为确保能源基地建设进程，权衡协调利益分配和促进地方经济快速发展的目的，必须在晋陕蒙接壤区建立以能源开发为主体，带动水源、交通、农业、环境及地方经济同步开发的经济特别区。

2. 要加快农业的结构调整，扩大灌溉农业，改建坝系农业，建设保护地农业，调整好农、林、牧三者的用地。进一步形成综合性的农业商品市场，以满足本区对粮、肉、蛋、奶、菜日益增长的需求。

3. 该地区实属环境脆弱地带，最脆弱的有东胜、伊旗、佳县，脆弱度达90～96；次最脆弱的有准旗、榆林、神木、府谷，脆弱度达55～86；脆弱的有达旗，脆弱度达21～40。长期以来，由于投入少，对环境的整治速度和效益显得非常低下。为此，应把环境治理纳人能源开发的总体规划方案中，确实做到谁破坏、谁治理；谁治理，谁受益。同时，建立区域环境监测机构，负责观测环境的动态变化，制定该区环境治理规划，并监督实施。

4. 合理规划开发区内和周边水源地，增加调节工程，是保证能源基地合理开发规模的重要途径。区内水资源虽然不很丰富，自

产水资源总量约 4 亿立方米，但黄河干流贯穿全境，可为沿黄两岸提供用水来源。但区内产生水资源的供需矛盾主要原因是河川径流时空分配很不稳定，如神府、东胜矿区的窟野河，年径流量达 7 亿立方米，最大流量 13 800 立方米/秒，而最小流量仅 0.008 立方米/秒，在枯水季节几乎断流。为此，必须加强河川径流调蓄能力，才是解决这里水资源供需矛盾的基本途径。

5. 从均衡发展战略的观点出发，这里的资源丰富，开发潜力大，国际、国内市场的需要日益增加，因此在这里制定促进优惠的投资政策和资金引进政策，很有必要。这将给地区带来整体效益，缩小东西部的差距。

从以上 5 个方面入手，可进一步协调好资源—环境—人口相互间的关系，促进资源的开发和环境的保护，进而推动区域经济的发展和人民生活的提高。

利用沙柳资源　发展人造板工业*

李云章　张　恭　何金花

（内蒙古林学院）

摘　要　沙漠治理是一项巨大的生态工程，在广大的沙区，由于植被的恢复与建设，已蕴藏了丰富的植物资源，特别是灌木资源占有很大比重。所以，如何合理开发利用沙区灌木资源，对加速沙区经济建设，帮助广大沙区人民脱贫致富具有重要意义。本文以内蒙古伊克昭盟东胜市漫赖乡应用灌木加工新技术建起的我国第一条以沙柳为原料的刨花板厂为典型，对该厂的生产及所产生的经济效益、生态效益进行了探讨，并指出利用沙柳资源发展人造板工业是灌本资源利用的一条新途径，从而建议增加对灌木人造板工业的投资。

关键词　灌本加工　人造板

沙漠治理事业是一项巨大的生态工程，我国经过40多年的努力，在一些地方取得了很大的成绩，植被资源有了明显的增加，特别是灌木资源占有很大的比重。所以，如何合理的开发利用沙区灌木资源，将对加速沙区经济建设，帮助广大沙区人民脱贫致富具有重要意义。

最近在内蒙古伊克昭盟东胜市漫赖乡，应用灌木加工新技术建起我国第一条以沙柳为原料的刨花板厂，该厂的投产，促使了治沙生态效益和经济效益的有机结合，因此，该厂从筹建开始就

* 该文原发表在《内蒙古林学院学报》1993年第2期

引起了广泛的注意,笔者怀着极大的兴趣对它进行了实地调查,写成此文，供研究。

一、漫赖乡沙柳刨花板建厂情况

漫赖乡位于内蒙古自治区伊克昭盟东胜市西，地处毛乌素沙地和库布齐沙漠相交的地带，属极端大陆性半干旱季风气候，风蚀沙化严重，干旱少雨，温差大。本乡人口近 7000 人，属半农、半牧区。由于气候条件恶劣，加之土地沙化，农业生产基本上是广种薄收，靠天吃饭；草场严重退化，畜牧业发展缓慢；生产水平低下，农牧民年均收入在 400 元上下（1987 年）。近年来，由于商品意识的提高，想到发展乡镇企业。1986 年当地领导眼看着大量沙柳资源由于得不到充分利用又没有财力进行更新复壮，沙柳林成片枯死的实际，提出了利用沙柳制造人造板的设想。

人造板包括胶合板、纤维板和刨花板，刨花板是顶替木材的新兴产品，位居三板之首，它的生产要经过原材料的削片、胶粘剂的调制和施胶、成型预压和热压齐边等工序。我国传统的刨花板生产原料，主要取自林区的主伐树种，以沙柳为原料的刨花板生产是经过了反复实验，对其生产工艺和制板技术做了一系列改造而完成的。该厂是由内蒙古林学院林业设计院完成设计，并积极给以技术合作建成投产的。

沙柳在这里是北沙柳（*Salix psammphila*）和乌柳（*Salix cheilophila*）的统称。由于完全用沙柳作原料，在一个沙化严重、生态环境脆弱的地区建厂,不仅是在生产工艺上有实验的性质,而且在人们的观念上自然会担心它所产生的后果,基于上述考虑,其生产线设计还属小型工厂,年设计生产量仅 5000 立方米。1986 年进行可行性论证，1987 年筹集资金并开始设计，1991 年初开始施工，当年底一次试车成功。整个建厂用地 3. 74 公顷，其中建筑而积为 2188 平方米。一期工程总投资 376. 43 万元，1992 年经国家鉴定验收后正式投产，所生产的刨花板完全达到了国家颁布的

标准，而且到 1992 年底生产量已达到了设计水平。

二、投资少，经济效益好

我国的刨花板厂以前主要建在林区，而第一个沙柳刨花板厂是建在我国木材最为紧缺的地区。由于沙柳材质纤维长、色白、韧性大、生产的刨花板质量好，深受用户称赞。自产品销售以来，很快由向市场推销转变成用户到厂订货而且是先付款后提货的畅销局面。1992 年总产值达 312 万元，当年获利税 70 万元，这对乡镇经济的发展是个极大的鼓励。

刨花板生产的原料，主要由漫赖乡农牧民提供，1992 年生产了近 5000 立方米刨花板，共收购 5500 吨沙柳，每吨沙柳收购价 80 元，该乡出售沙柳原料的收入就有 40 余万元(少部分由临近乡供应)。刨花板厂的建立，雇用当地农民 110 人，年工资总额21．12 万元（每人每月平均 160 元计）。实际上以上三项 1992 年就为该乡直接增加 130 余万元的收入。刨花板是紧缺的建筑用材，随着产量的提高和价格的上扬，1993 年纯利润跃升到 330 万元，农收民出售沙柳原料的收入由 1992 年的 40 万元增加到 70 万元。不仅如此，围绕沙柳加工业的发展，还带动了该乡相应的产业，如土木建筑工程、运输、饭店、旅店等，一批农牧民离土不离乡，转化成技术工人，培养出合格的操作工、电工、机修工、锅炉工和工厂的管理人才。刨花板生产一跃成为该乡带动其他产业发展的支柱产业。

三、沙柳由烧柴变成宝，激发了农牧民种植沙柳的积极性

从漫赖乡刨花板厂看，灌木人造板厂的发展，经济效益是显著的。但是目前普遍担心的是因此产生沙柳资源的破坏，导致沙化的发展。经笔者调查研究认为：只要沙柳板厂是有计划的发展，

科学的布局，对沙柳实行科学的集约经营，刨花板的发展不仅不会导致资源的减少和沙化的发展，而且还会促进沙柳的发展和生态效益的提高。

（一）沙柳的生物学特性要求经常平茬更新

沙柳属于丛生灌木，根系十分发达，萌芽力极强，通过下种自繁或插条造林经适量沙压和平茬更新，就能促进产生大量不定芽萌生新枝条，很快形成灌丛，每丛萌条数多的可达 144 个。5～6 年生的根系萌条 2 年可达 3 米以上，地径达 2 厘米左右。栽植灌丛每到 3～5 年平茬更新一次，像割“韭菜”一样，越割越旺。沙柳如果不及时平茬更新，就会衰退、老化、枯死。据调查，内蒙古伊克昭盟仅乌审旗就有百万亩以上的沙柳，由于割柳条的经济价值抵偿不了平茬更新的劳力支出，在交通不便的沙地已出现大面积沙柳死亡，造成大量沙柳资源的自然浪费现象，严重影响到农牧民发展沙柳的积极性，所以沙柳资源急需新的开发利用途径。

（二）沙柳资源再生力强，板厂适当布局，就可以保证原料的永续利用

从漫赖乡看，现有沙柳资源近 6 万亩（见表）

漫赖乡及附近沙柳资源情况（1986 年调查）

原料产地	沙柳面积（万亩）	年平茬数（万亩）	年产量（万斤）	可提供原料（万斤）	备注
漫赖乡	5.82	2.0	2000	1200	
才登乡	1.20	0.4	400	240	
泊江海乡	1.52	0.5	500	300	
巴彦敖包乡	1.83	0.6	600	360	
合　计	10.37	3.5	3500	2100	

按 3 年平茬一次，每年可平茬约 2 万亩，每亩地的原料产量，根据立地条件和经营情况差别很大，一般在 500～3 500 公斤，以最低的数字测算，2 万亩沙柳年产量有 1 000 万公斤。现在该厂的生产规模对沙柳材料的年吞吐量仅有 700 万公斤，本乡原料产量已远远超过实际的需要，而且临近乡有大面积沙柳，成为该厂

的原料基地。

当前，在毛乌素沙地和库布齐沙漠地区，有几个新的刨花板厂正在筹建，漫赖厂也正在筹建第2条生产线。内蒙古乌兰布和沙区也在建新厂，从而更加激起了人们的担心，但是从漫赖乡刨花板厂的实践来看，只要有6万亩的沙柳林，就可以供应年产量5000立方米生产线原料的永续利用。根据内蒙古林业部门的调查统计，仅内蒙古伊克昭盟地区就有800万亩的沙柳林，象毛乌素沙地的腹地乌审旗就有174万亩的沙柳。其复壮平茬材就可以供应年产20万立方米以上的刨花板生产原料。但是，根据沙柳的生长分布特点，刨花板生产规模不宜过大，建厂以年产5000立方米到15000立方米为宜，生产原料的供应辐射范围以20～50公里以内经济效益为佳。所以当前在毛乌素沙地和库布齐沙漠等地区，布局合理、有计划地上刨花板生产线，不仅不会带来生态性的破坏，而且会有力地推动沙柳的种植由目前单纯的防护方向，向着防护、速生、短轮伐期工业经济原料林的经营模式转化。

（三）刨花板的生产，激发了农牧民保护、种植、经营沙柳的积极性。

沙柳是毛乌素沙地和库布齐沙漠的主要造林树种。1988～1990年间，每年上级林业部门都给漫赖乡下达种植沙柳9 000亩的造林任务，每亩资助造林费5元，当地农民都不愿意种。刨花板厂从1991年底开始大量收购沙柳以来，情况很快就有了变化，1992年春季，林业部下达种植任务9 000亩，实际完成12 900亩，1993年春季沙柳造林也在万亩以上。农牧民看到种沙柳能赚钱致富，种沙柳的积极性很高，不仅不要国家的造林补贴，而且拿出较好的地来种沙柳，加快了沙区植被的恢复和建设，改变了过去粗放经营方式，按速生丰产的栽培措施来管理。

（四）确保沙柳资源的生态效益，制定相应的制度。

沙柳要保持旺盛的生长势，就需要每隔3～5年进行平茬复壮，平茬的季节要严格掌握在树木休眠的冬季进行。为了保证刨花板的质量，其生产的原料宜采用完全木质的平茬粗枝条，即树

皮由黄变黑的枝条。为了防止对沙柳无计划的乱砍，保证资源的永续利用，漫赖乡和板厂共同制定了几项措施，归纳起来可称为“三收”、“三不收”。其一是沙柳枝条地径粗度大于2厘米的收，明显不够三年生的平茬条不收；其二是冬季平茬的黑条收，生长季平茬的黄嫩条不收；其三是按沙柳承包面积限量发票证，有票证的收，无票证的不收。有了以上制度，加上现在沙柳资源的开发利用和当地农牧民的直接经济利益紧密结合，农牧民不会只顾眼前利益将沙柳砍光，造成再度沙化。恰恰是把昔日只有当柴烧的沙柳，现在却当成“永益沙金条”（沙柳嫩枝呈金黄色）——致富之宝来进行保护、栽植和管理。

总之，沙柳刨花板生产首先在毛乌素和库布齐沙漠地区兴起，填补了我国西部地区刨花板产品的空白，创造了可观的经济效益，为沙生灌木在完成生态效益之后转化成经济效益、社会效益开辟了新路；为改变单一生态型防护林为生态经济型防护林，依靠自我积累实现再生产探索了一条新路；为扭转内蒙古西部地区木材短缺和支援城乡建设做出了贡献；为林业实用技术的推广，使科研成果真正成为第一生产力提供了经验。这一经验在我国广阔的沙区是有示范意义的。

四、建　　议

（一）增加对灌木人造板工业的投资

我国的防沙林体系建设，必须同当地群众的直接经济利益结合起来。灌木人造板工业的发展是实现这种结合的一条有效途径。40余年的建设，我国沙区已经有了相当雄厚的林木资源，其中灌木占造林面积的30%。继沙柳之后，小黄柳、柠条、杨柴等灌木刨花板工艺也已成熟，这些灌木树种和沙柳一样都有一次种植多次收获的特性。同时，这些灌木也是制作纤维板的好原料。漫赖乡板厂的成功，正推动着发展人造板及其深加工的积极性，顺应这一形势，建议沙漠治理的投资政策，应有适当调整，增加向贫

困地区灌木林和低质材林人造板工业的投资比重。各级政府也应增加投资，使沙区走以林养工、以工促林、以林致富的道路，给沙漠治理注入新的活力。

（二）积极地研究沙柳等灌木林新的栽培和经营管理技术

沙柳是一次种植多次收获的速生优良灌木树种，以前造林和经营目的主要是发挥防护效益。随着人造板工业的发展，在不断扩大种植面积的同时，建议有关部门从多方面研究作为人工短轮伐期工业原料林，同时又要保证发挥其防护效益的各种栽培和经营新措施以及各种栽培新措施相配套的机具，促使其集约经营达到长期、稳定、高效，发挥生态、经济和社会效益的目的。

（三）重视开发灌木人造板制板新工艺和加工新技术

我国沙区都是缺林少材，发展人造板工业对当地经济建设有特殊意义。当前，在扩大推广沙柳等灌木生产刨花板技术的同时，应积极开发水泥刨花板、石膏刨花板、模压刨花板、中密度纤维板等新制板技术。也可以发展纸浆造板，发展新型建筑产品，替代塑料和金属构件，为建筑业、装璜和家俱等细木工生产提供新型材料，开拓和扩大市场，为治沙工程提供新的财源。

参 考 文 献

1. 侯知正. 人造板市场问题及探讨，林业经济. 1989，(2) 1—5.

2. 高志义. 试论“三北”生态经济型防护林体系，应用生态学报，1991，(4) 373—378.

3. 邬玉明. 沙柳平茬复壮的技术要点，内蒙古林业. 1989，(4) 23—24.

4. 周世权. 内蒙古西部地区几种树的研究，内蒙古林学院学报. 1983.

毛乌素沙地泥炭资源及其开发利用

姚洪林　　　王林和

（内蒙古林业科学研究院）（内蒙古林学院）

摘　要　本文在调查、分析毛乌素沙地泥炭分布、储量及其理化性质的基础上，进行了栽培试验，并论证了在当地开发应用的广阔前景及经济效益。

关键词　泥炭、保水剂、无灌溉农业

泥炭（Peat）俗称草炭、泥煤、草木炭、草煤、土煤、漂符子等等，因地而异。

泥炭多分布在沙丘丘间滩地或沼泽地带，造炭物质多为芦苇、蒲草、水藓、莎草等植物体在潮湿无空气条件下，经长期的地质作用，逐渐挤压积累形成泥炭矿床。泥炭是一种矿物质不超过50%的可燃性物质，从成煤过程来分析，泥炭是成煤的第一阶段。它含有大量的腐殖酸和有机质，是一种吸水能力较强的天然有机质，其持水量是粘土的8～10倍，保水量是沙土的10～15倍。泥炭是优良的土壤改良剂，它可以提高植物活性，是干旱区、半干旱区非常重要的地下资源。

一、分布与储量

泥炭在毛乌素沙地广有分布，而且储量大，个别地段已裸露地表，但是多数埋藏在50～150厘米深的地下，许多地区已构成矿床，具有一定的开采价值。矿层多贮存在第四系全新统沙砾岩、

沙质松土地层中，矿层厚度发展很不均衡，多为30～120厘米左右。

据1984年内蒙古地矿部门钻探资料表明，毛乌素沙地泥炭储量约为300万吨。分布集中的地区有，纳林河一、二队，陶勒盖、乌兰陶勒盖、都格湾、巴音柴达木、呼吉尔特、图克、车家渠、昌井渠、查干敖包等地区。

二、理 化 特 性

毛乌素沙地泥炭多为黑色、黄褐色、黑褐色呈土状至半纤维状结构，分解度为50%～70%，含水量为77～975，干容重为0.6～0.62克/立方厘米，含纤维量47.2%～86.7%，发热量为1142～2397卡/千克。将其挖取出来作为燃料使用，据当地农牧民说，泥炭是非常好的煤炭，起火快、火力好。

经多次取样化验分析，现已初步掌握其理化性质，见表1、表2。

据内蒙古农业科学研究院分析中心和北海道大学器械分析中心的分析资料表明，毛乌素沙地泥炭属富含营养型（低位泥炭），即分解度高，养分含量多。主要元素及微量元素含量较为理想。例如泥炭N_2样本中含有机质高达59.99%，pH值5.6（5：1水浸值）

显酸性，此泥炭经过发酵，便可促进有机质分解，使其有机氮化物转化为植物可以吸收的氮素，其N/C比为0.05，氮化物容易转化。

关于泥炭的理化性质及其作为肥料利用等问题，前人已多有研究，前苏联从30年代开始就做了大量研究工作，本项研究旨在重点探讨泥炭的保水性能。利用泥炭的理化特性作为保水剂改良沙地土壤，提高沙地含水量和沙地生产力。

表1　沙地泥炭化学分析结果之一

编号	化验项目	化验结果	编号	化验项目	化验结果
N_1	水分	5.84%	N_2	水分	6..93%
	有机质	30.20%		有机质	59.99%
黄褐色	全氮	0.857%（N）	黑褐色	全氮	2.03%（N）
（产地）	全磷	0.034%（P）	（产地）	全磷	0.0465%（P）
东	全钾	1.36%（K）	呼	全钾	0.96%（K）
试	碱解氮	42.63mg/100g（N）	吉	碱解氮	76.21mg/100g（N）
验	速效磷	4.6ppm（P）	尔	速效磷	4.1ppm（P）
地	速效钾	9.25mg/100g（K）	特	速效钾	8.25mg/100g（K）
	pH值	7.35		pH值	5.60
	5：1水浸值			5：1水浸值	
	铜 Cu	0.46ppm		铜 Cu	0.95ppm
	锌 Zn	3.27ppm		锌 Zn	4.40ppm
N_1	铁 Fe	350.0ppm	N_2	铁 Fe	1100.0ppm
	锰 Mn	142.0ppm		锰 Mn	38.25ppm
	钼 Mo	1.48ppm		钼 Mo	1.49ppm

内蒙农科院分析中心

三、应 用 范 围

据国内外有关资料记载，国内外在泥炭与泥炭制品上开发应用范围非常广泛，现已渗透到各个领域之中。综合归纳成表3。

泥炭除在上述及农业范围应用之外，在干旱区、半干旱区植树造林的绿化事业中更具广泛前景。根据近几年试验结果分析，泥炭的保水性可提高沙地土壤的含水率及持水量，为植物生长提供一定的水分和肥力。造林的实践证明泥炭不仅能提高造林成活率、保存率，而且还能促进树木的茁壮生长（见表4）。

挖取出来的泥炭经过堆积、加温发酵、充分腐熟之后便加快了有机质的分解，更利于植物根系的吸收。腐熟后的泥炭可作容器育苗的培养土，也可以拌入育苗床，改良苗床土壤结构，使之具有良好的通气、透水、保温作用。这样的泥炭土对种子萌发、出苗、保苗及苗木生长极为有利，应用泥炭育苗，大大提高了一级苗的出圃率。例如杨柴育苗的一级苗率均可达94%，而未施用泥炭的普通苗的一级苗率仅有56%左右。樟子松育苗的显著效益早已被章古台造林试验站所证实（见表5）。

干旱、半干旱地区造林时，在造林穴中拌入250克泥炭，就能收到明显效果，头一年的保水效果十分突出，二、三年后其肥力作用逐渐显露出来，这种施放期较晚的长效肥料对定植苗木的生长更为有利（远比速效化肥更适用），利用泥炭在干旱、半干旱地区造林、绿化更具特殊功效，是上述地区提高造林成活率的有力措施和可靠途径。

表2　沙地泥炭元素分析结果之二

土样	泥炭 N_1	土样	泥炭 N_2
土样重 毫克	2184　残留物1192mg (54.58%)	土样重 毫克	2116　残留物1052mg (49.7%)
C%	18.89　升华部分 (1/12=1.574) 100−(54.58+23.64)	C%	21.51　升华部分 (1/12−1.7925) 100−(49.7+26.58)
H%	3.23	H%	3.56
N%	O:21.78/16=1.36 1.20 (1/14=0.0857)	N%	1.23 (1/14=0.0786) O:23.70/16=1.48
S%	0.32	S%	0.28
分析 日期	1991年4月26日	分析 日期	1991年4月26日

原子比值:H/C N/C O/C

N:2.05 0.05 0.86　　　　日本北海道大学化验分析中心

N:1.99 0.05 0.83

表3　泥炭价值分析之三

	用途	备注
工业	提取腐质酸、泥炭腊、水解物质	扩大材料来源
农牧业	制造腐质酸复合肥料，提取生理活性物质、制取植物生长激素	促进植物生长，提高生物量、高产稳产
畜牧业	提取单细胞蛋白饲料，用腐质酸钠作饲料添加剂。	提高家畜的生长量及抗病能力
建筑业	与塑泥材料混合经高压成型，制造建筑材料，门窗、桌、椅、地板块、天棚板、灯座、插座、接线盒等。 制作保温砖、水泥、陶瓷	节约木材、经久耐用，成本低廉
其　他	压制花盒、配制花卉营养土、培养基 净化污水、用腐质酸制造医用药品	美化环境、扩大培育范围 污水处理，防治疾病

表4　泥炭对树木生长影响调查表

树种	泥炭施入量	栽植时间	成活率 %	高生长 厘米	冠幅 平方厘米	干物质重 地上部分 (%)	测定时间	备注
樟子松	250 克/穴	1988.4	96	46	32×26.5	246.5	1991.10	1. 连续10株平均值 2. 樟子松定植后，给水二次每次200毫升
	0	1988.4	81	39.4	30×19.5	173.5	1991.10	
杨柴	250 克/穴	1987.5	93	216.5	178×246	3675.0	1989.10	连续10株平均值
	0	1987.5	92	189.0	190×185	2956.0	1989.10	

表5　泥炭对育苗影响调查表

树种	泥炭施入量	发芽开始日	出苗率 (%)	苗期生长量		色泽	一级苗率(%)	备注
				高(厘米)	地径			
杨柴	20千克/米^2	第10天	86	15	0.31	浓绿	94	生长量为50株平均值 测定面积为100米^2
	0	第16天	79	12.5	0.26	灰绿	56	

四、保水剂的开发

据1987～1992年大量的试验资料表明，泥炭确实是一种天然优质保水剂。泥炭中具有大量海绵体和孔隙，其保水性能极佳。由于泥炭具有无数气孔，其吸附作用、亲和力很强，因此肥力不易流失，其保水、保肥作用十分明显。利用泥炭的这一特殊性能，可以大力开发泥炭资源用于半干旱区的农业生产。

经过多年试验，充分表明利用泥炭可以改变沙地土壤结构，因泥炭的吸水和蓄水能力强，因此能提高沙地土壤含水率，并可以保持沙地土壤的含水量。在标准容器的试验中，供试植物种达10余种（含喜水喜肥的蔬菜性植物），在停止灌溉60～100天的条件下还可以维持正常生长，足以证明泥炭的保水效果，而对照区（原沙土）在停止浇水30天左右就已枯死（见图1和图2）。

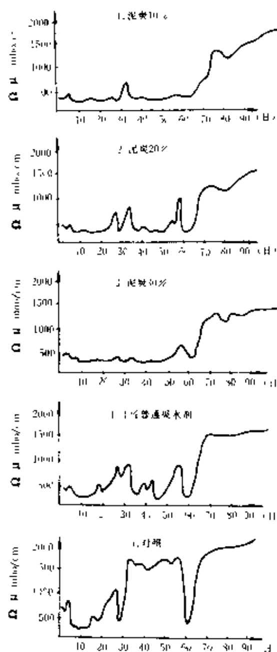
这一事实告诉我们，在毛乌素沙地可以利用泥炭的保水性开发无灌溉农业。

毛乌素沙地的4～10月期间，也正是各类植物的生长季节，此期的降雨间隔一般为15～50天（据近10年气象资料统计）。因而如在土壤中混合拌入一定比例的泥炭（以10%～30%为宜）便可以提高沙地土壤的含水量，即使不灌溉也可以维持各类作物的正常生长，并能保证作物的正常收获。经过重复验证试验表明，在毛乌素沙地条件下，每亩沙地中拌入泥炭2000～3000公斤，翻入耕作层，即使不灌溉、不增施肥料也可获中等收成。

应用泥炭进行作物栽培可以不灌溉，或可以减少灌水次数及用水量，节约人力物力。泥炭的作用，对合理利用水资源、降低作物生产成本、加速沙区的绿化建设将会做出积极贡献。

五、今后的研究

经过几年的试验研究，泥炭的保水性能已得到充分证实。有理



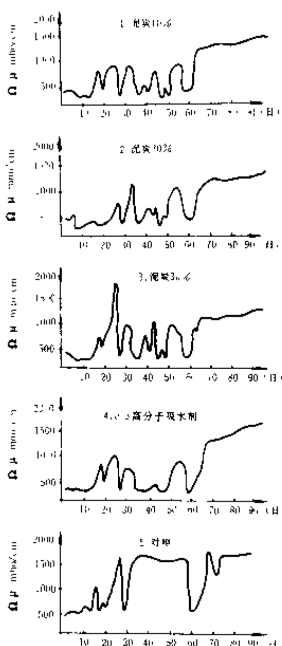


图1 杨柴和保水剂效果　　图2 芦笋和保水剂效果

由认定泥炭在毛乌素沙地应用前景十分广阔，完全可以就地开发就地应用，成本低廉且经济效益显著。

今后的研究将是用示范样板田去启迪、引导群众，旨在大面积推广应用。把泥炭作为保水剂来研究和开发应用，这在国内外尚属尝试性研究，尚未得到充分认识，还需宣传群众、动员群众去推广应用。

毛乌素沙地总面积为4．1万平方公里，乌审旗境内现有耕地10 251公顷，林地151 204公顷，草地606 002公顷，尚未利用的

土地还有384 344公顷。这些土地如何进行合理地开发利用，值得我们认真研究。

该地区的雨养农业尚属于极不稳定区域，由于地处农牧业交错地带，因而也就构成了畜牧业与种植业相互依赖、发展的经济结构。按其历史上形成的模式发展则是广种薄收、撂荒倒种的掠夺式经营，势必会造成农牧林用地比例失调，其结果只能是因违背自然规律、破坏生态平衡，促使土地退化、沙漠化。历史的惨痛教训应当引起高度重视，只有科学、合理地利用自然资源，才能为人类的生存创造有利环境。

毛乌素沙地沙层厚、质地粗、结构松散、肥力低、保水差、有机质含量少，这些土质如果不进行积极改善，难以开发利用，或成效甚微。试验证明利用泥炭可以改造沙地土质，改变漏水漏肥的被动状态。只有在改良土质的基础上，实施集约经营，开创新的经济结构，才会促进毛乌素沙地的经济发展，生产力才有可能大幅度提高，社会效益、生态效益、经济效益才能日益显著。

参 考 文 献

1. LSOLITE. 工业株式会社，藻土制品. 1987.
2. 北京农业大学. 肥料手册. 北京：农业出版社，1979.
3. 秦万德. 腐植酸的综合利用. 北京：科学出版社，1987.
4. 孙羲. 土壤养分、植物营养与合理施肥. 北京：农业出版社，1983.
5. Л. А. 赫里斯提娃. 泥炭及其他有关有机矿层在肥料方面的利用. 北京：科学出版社，1959.

为建设塞上森林城努力做贡献

赵 景 阳

（赤峰市红山区城郊林场）

1954年9月，赤峰市城郊林场在科尔沁沙地边缘数万亩绵延起伏的沙丘上起步，在各级党委和政府的领导下，在各级林业部门的指导下，全场职工情系治沙、绿染荒漠，经过40年艰苦卓绝的奋斗，赢来了城郊林场今日的辉煌！

城郊林场的40年，是艰苦创业、开拓前进的40年；是不断探索、不断发展的40年；是勇于实践、开放搞活的40年。40年来城郊林场的建设成功地跨越了三个历史阶段：从1954年到1964年用10年时间完成了治沙造林、防风固沙，锁住沙龙的历史使命；从1965年到1978年开始了对低产林分进行改造，调整了林种树种结构，大面积营造混交林和速生丰产林。从党的十一届三中会全以后，贯彻以林为主、多种经营的方针，努力实现从生态型到生态经济型林业的转变。

40年来，城郊林场治沙造林11万亩，面定了786个沙丘，彻底改善了红山区及其周围地区的生态环境，沙暴日数由年均13．7天下降到1．5天，扬沙日数由年均54天下降到20天，最大风速由40米/秒下降到17米/秒，蒸发量由2100毫米下降到1800毫米，为城乡人民创造了良好的工作、生产、生活环境。现在林地面积达到6．5万亩，森林覆盖率达到86%，活立木蓄积量达到6．4万立方米，生产木材3．9万立方米，为城市发展提供经过治理的用地1万余亩，林业产值及全部固定资产总值9 800万元，相当于建场以来国家累计投资总额的10倍以上。40年来，城郊林场的成功，不仅赢

得了许多荣誉，而且受到社会的瞩目和各级领导的重视。早在1964年就受到朱德和董必武同志作诗称赞，曾被林业部评为全国国营林场先进单位。1981年联合国环境保护署7个国家的专家一致称赞，城郊林场治沙造林的成就是伟大的壮举，是半干旱地区沙漠治理的典范。以后陆续有巴基斯坦、日本、朝鲜、美国、法国、俄罗斯、瑞士、瑞典、新西兰等国家的专家来场考察，均给予了高度评价。1991年林业部批准在城郊林场建立红山国家森林公园，1993年又被中国治沙暨沙业学会批准为治沙和沙产业开发试验示范林场，1994年林业部批准林场为科技兴林试验示范林场。经过40年的奋斗，城郊林场已经成为以生态效益为主，生态效益和经济效益并重的；以林业生产为主，同时具有一定规模的第三产业和多种经营项目的；以保护城市、改善生态环境为主，兼具旅游观光功能的综合发展的林场。

回顾建场40年的历程，城郊林场之所以取得今天的成绩，最根本的原因是因为有党和政府的好领导、好政策，从财力、物力、科技等各方面给我们创造了良好的发展条件。当然，在城郊林场发展壮大过程中，全体职工前仆后继，也做出了自己的努力和应有的贡献。经过40年的实践，我们积累了一些做好工作的规律性认识和体会。

第一，以林为主，坚持把植树造林作为改善生态环境的中心任务。林场范围内大部分为风沙土，此地年降水量仅350毫米，在干旱多风的气候下，形成大面积流沙。仅赤峰东、北、西三面就有786个流动沙丘，每年向东方向移动8～15米，使土地严重沙化，流沙吞没农田和村庄。1950年前后，流沙前沿渗入赤峰市区，形成“沙临城下”的严重局面，并迫使赤峰周围的铁路线在一侧竖立枕木以抵挡流沙的侵袭。几十年来，我们城郊林场牢固树立以林为主的思想，无论遇到什么困难和风波，都矢志不移地坚持多栽树、栽好树。建场初期，面对茫茫沙海，我们克服种种困难，在较短的时间内锁住了沙源，固定住了8万余亩流动沙丘，被内蒙古自治区评为全区治沙先进单位。沙丘基本固定后，我们随即进行了林种树种

结构的改变，大面积改造杨树小老树共3．2万亩，营造杨树速生丰产林3900亩，引进油松、樟子松、沙棘、沙枣、胡枝子、山杏、果树等优良树种，形成了多树种、多结构、多层次、多效益的混交林，基本上控制住了病虫害和森林火灾的发生，进一步提高了林业生产的防护效益和经济效益。近几年来，随着改革开放的深入，城市建设步伐越来越快，征占林地也随之增多，我们从防护城市的长远大计出发，千方百计不使成林面积缩小，用路边的小块林地换远郊的大块林地，既支持了乡镇发展路边经济，又使城郊林场的林地面积得到拓展。初步计算，我场的林地面积近三年就增加了1860亩。

第二，科技兴林，坚持用先进的科学技术指导林业生产。几十年的实践使我们深深体会到，科学技术就是生产力，这一论断在林业生产上体现得最为深刻。城郊林场从建场初期开始，始终坚持以科学技术指导生产。在实际工作中，我们一是积极主动地寻求科技依托，努力争取上级业务部门的指导和帮助；二是热情邀请和欢迎林业战线上的专家来我场开展试验研究指导工作；三是不懈探索开辟林业生产的新途径、新领域，注意积累自身的新成果、新经验。现在，我们已同国家、自治区和赤峰市十几个林业科研院所建立了稳固的科技协作关系，共同开展了十几个科研项目的试验研究，有些已经取得了研究成果，受到国家、自治区级和市级的奖励。一些著名的专家、教授成为我场的生产经营顾问和知心朋友，年年都到我场视察、观测和指导。在上级林业部门的精心指导和热情帮助下，我们在林业科研方面也取得了一些进步，比较突出的有五级联营的樟子松种子园，已经开始结果，该项成果获自治区科技进步三等奖，1992年又被评为全国良种基地建设先进单位。我场创造的樟子松新梢嫁接法显著地提高了嫁接成活率。从1987年开始建设一个具有38科86属196种的树木园，开辟了一个新的生产、教育、科学研究基地，1993年获自治区林业厅科技进步三等奖。森林病虫害防治技术提高到一个新的水平，已经从人工防治、化学防治为主开始向以营林技术措施为基础，生物防治为主

的综合防治的方向转变。近30年来，控制了森林病虫害的大发生。林业生产工具的革新取得了较多的新成果，先后研制成功沙蒿播种机、杨树种子脱粒机、高压喷雾器、幼林抚育机等许多林业生产新机械，提高了工作效率，降低了成本，减轻了劳动强度。我场与中国林科院协作研制的杨树深栽钻孔机超过了意大利同类机械的水平，受到自治区内外林业部门的一致好评。1994年春季，又研制成功了中药材播种机、林木追肥机和中耕除草机，已投入生产，效果良好。

第三，多种经营，坚持走林工商一体化的路子。改革开放打破了城郊林场单一经营的格局，我们充分利用林场自身优势，积极开展多种经营和多方面经济联合，先后办起林产品公司、花木公司、东煤公司、绿色食品厂、工商贸易服务部、宾馆等六个经济实体，从业职工58人，还有横向联合企业共七个。从1979年到1993年的15年间企业和林地累计收入8 000余万元，实现利润985万元，大大增强了自我发展、以副养林的实力。

第四，做好思想工作，坚持两个文明建设一起抓。林场党支部一直较好地发挥着领导核心和战斗堡垒的作用。在党支部领导下，场管委会和各群众组织充分发挥自己的职能作用，认真组织职工学政治、学文化、学业务、学技术，不断提高领导干部和广大职工的思想道德品质和科学文化水平。改革开放15年来，城郊林场多次被评为各级的先进单位。近几年先后发展党员12名，有46名职工被评为先进工作者，一批“四有”新人正在茁壮成长。

目前，红山国家森林公园建设已初具规模。自1991年林业部批准建立国家森林公园以来，由红山区党政领导亲自挂帅，有关部门领导参加，组成了红山国家森林公园建设指挥部，请北京兴林生态科技研究所和北京林业大学园林学院规划设计，设置了红山风景区、西山狩猎区、北山科技开发区、南山游览区。第一期工程已建设完成了邀月亭、佛亭、聆风轩、龙涎池、水利工程道路系统配套设置。二期工程建设已经开始，山门、蒙古包、游戏亭已建成，水上乐园、儿童福地、宠物公园、模拟草场、跑马场、跑车

场正在建设中。森林公园已成为观光旅游的好场所，1994年接待游客和其他服务项目收入达10余万元。

1993年林场又在原有林分的基础上，建立沙地生态经济立体林业，沙产业开发取得一定成绩。早期营造的1000亩大扁杏部分结果。沙地种植黄芪、甘草、沙参、党参、桔梗等药材700亩，已获丰收。早期营造的速生林已进入轮伐期，年均蓄积量0．7～1．5立方米。年初在林业部专家具体指导下，完成了沙地高效益治理与开发模式研究的总体规划和设计方案。1994年春完成200亩大扁杏、山杏、樟子松、药材混交的生态经济立体林业试验。为提高造林质量，采用了高新技术，施用了“保水灵”、“生根灵”、“果肥”、“旱地龙”试验，使用“高美施”试验面积400亩。引进红皮云杉2000株。使用“嫁接宝”嫁接大扁杏6万株。从张家口引进抗旱、抗晚霜大扁杏“优1”、“优2”优良品种，建立采穗圃20亩。引进果树新品种“宁丰”、“宁酥”、“123芽变”矮化砧木。完成沙产业高新技术综合试验区的规划设计和平整土地200亩。在林地间种了日本干瓢80亩，建蔬菜良种基地80亩。

1994年红山区委、区政府响亮地提出了在全区开展第二次创业的号召。在庆祝城郊林场建场40周年之际，我们要以第二次创业的精神，规划城郊林场今后的奋斗方向和创业目标。到本世纪末，我们的奋斗目标是：创建沙地立体林业格局，达到可持续性的森林生态环境，形成多树种、多结构、多层次、多效益的综合林业体系，把城郊林场建设成为高新技术武装的、综合经营的、系统化管理的现代化林场。

封沙育林育草在沙漠治理中的作用

彭 庆 光

（林业部三北防护林建设局）

一、沙漠和沙害概况

1. 我国沙漠面积约131．94万平方公里，占全国土地总面积的13．74%，相当于现有耕地的1．3倍。其中沙漠60．99万平方公里，占46．2%；戈壁56．95万平方公里，占43．2%；沙漠化土地（简称沙地，下同）10．3万平方公里，占7．8%；季节性风沙化土地（简称风沙化土地，下同）3．7万平方公里，占2．8%。除风沙化土地外，沙漠（包括戈壁和沙地）集中分布于西北、华北北部、东北西部地区（简称“三北”地区，下同），其中西北地区的新疆、内蒙古、甘肃、青海四个自治区（省）的沙漠占全国沙漠总面积的90%以上，分别占该四区（省）土地面积的43．20%、35．22%、15．12%、10．39%。三北地区各省沙漠面积如表1。

我国主要沙漠和沙地，从西北往东北，分别为塔克拉玛干、古尔班通古特、库姆塔格、巴丹吉林、柴达木、腾格里、乌兰布和、库布齐八大沙漠和毛乌素、科尔沁、浑善达克、呼伦贝尔四大沙地，它们横跨北纬36～50度，东经75～127度，占三北防护林体系建设地区总面积的31．45%。

2. 我国不仅沙漠面积较大、分布较广，而且其危害也是相当严重的。其中既有史前期形成的沙漠的活化对已有绿洲的侵袭，亦有历史时期形成的沙地和风沙化土地不断扩大。据有关部门

表1 三北地区各省沙漠面积

省（区）	总面积（万平方公里）	其中：沙漠（地）面积（万平方公里）	戈壁面积（万平方公里）
总计	128.24	71.29	56.95
新疆	71.30	42.00	29.80
内蒙古	40.10	21.30	18.80
青海	7.50	3.80	3.70
甘肃	6.80	1.90	4.00
陕西	1.10	1.10	
宁夏	0.65	0.40	0.25
吉林	0.36	0.36	
黑龙江	0.26	0.26	
辽宁	0.17	0.17	

报导，我国沙漠化土地扩大的速度是相当快的，50～70年代，每年平均为1560平方公里，80年代每年平均则达2100平方公里，目前这种趋势仍在继续,形势是严竣的。沙漠的推进和沙漠化土地的扩大，主要发生在三北地区。据统计和估算，这个地区每年约有1300余万公顷的农田和1亿公顷的草牧场受到风沙危害，有800多公里铁路、数千公里公路，大量的水库、水渠受到风沙的侵袭和威胁,每年所造成的直接经济损失达45亿元之巨。1993年5月5日一场特大沙尘暴，横扫新疆东部、甘肃河西走廊、宁夏西部和内蒙古自治区阿拉善盟的几十个县（旗、市），土壤风蚀深度10～50厘米，沙埋厚度20～150厘米，造成85人伤亡，大量牲畜死亡和丢失，大面积农作物、渠道和通讯设备被毁，直接经济损失达5亿多元，是80年代以来风沙灾害最严重的一次。

二、封沙育林育草及其效果

生产实践和科学研究结果表明，沙漠的推进，沙漠化土地的

扩大，风沙灾害的形成，主要是由于人类不合理利用自然资源，特别是破坏植被资源的结果。因此，在沙漠地区大力种树种草，恢复和提高沙漠地区的植被盖度，就成为预防和治理沙漠扩张和土地沙漠化发展的根本性措施。我国在沙漠的治理工作中，积累了不少成功经验，其中封沙育林育草就是一项投入少、恢复植被快、形成的植物群落稳定性好、抗逆性强、生态效益和经济效益都显著的有效措施。

（一）封沙育林育草的概念

所谓封沙育林育草（简称封育，下同），就是对有天然下种或萌芽、萌蘖能力植物的沙地进行封禁，主要借助天然力，有时亦采用部分人力，使植物得到恢复和繁衍，增强其盖度，达到防止沙害的目的。这种恢复、发展沙漠和沙地植被的办法，1984年以来已纳入三北防护林体系建设的内容，作为一项生产建设指标每年下达给各省(自治区)，并列入阶段性工程建设成果检查验收范围。

（二）封沙育林育草的效果

1. 我国目前适宜于开展封育面积约为460万公顷，占沙漠总面积的3.6%。据1990年9月不完全统计，自1987年以来，新疆、内蒙古、甘肃、宁夏、黑龙江五省、自治区封育面积达129.33万公顷，经检查验收，其成效面积为72.62万公顷，占封育总面积的56.15%。部分省、自治区封育情况如表2。

表2 封沙育林育草面积 单位：万公顷

省（区）	封育面积	成效面积	合格率（%）
新疆	56.27	33.56	59.64
内蒙古	50.29	23.53	46.77
甘肃	19.33	12.13	62.75
三省区小计	125.89	69.22	54.98
宁夏	0.51	0.47	92.15
黑龙江	2.93	2.93	100.0
合计	129.33	72.62	56.15

从上表可知，封沙育林育草工作，在新疆、内蒙古、甘肃三

省区得到较广泛的开展，封育面积和成效面积分别为统计数的97．3％和95．3％。

2．无论是西北还是华北或是东北，只要措施得当，封育效果都是很好的。新疆南部利用每年7～9月份和田河、叶尔羌河和塔里木河等河流的洪水灌溉残次林和沙荒地，经管护封育10年时间，恢复胡杨林和柽柳林20余万公顷，其中巴楚县胡杨林1．47万公顷、柽柳林0．83万公顷；伽师县柽柳林3．75万公顷，取得了明显的生态效益和经济效益。北疆生产建设兵团农八师所属的11个团(农场)，在准噶尔盆地南缘，用封育的方式建起一条平均宽3公里、长307公里，面积约9．2万公顷的荒漠植被带，保护农田14．4万公顷。其中150团（农场）的植被盖度由3．75％提高到19．56％，单位面积的梭梭数量由75株/公顷增加到450株/公顷，其平均高度增加29厘米；受风沙危害的农田比重由21．59％降至0．9％。136团（农场）1984年以来封育荒漠植被4．2万公顷，植被盖度由25％提高到81．65％，其中以柽柳为主的植被占58．3％，以梭梭为主的植被占10．2％，以胡杨为主的植被占4％，柽柳、梭梭、沙枣、胡杨等混交林占12．3％。

甘肃省酒泉地区封沙育林育草12．12万公顷，按植被群落划分，其中柽柳7．29万公顷，占60．15％；胡杨1．45万公顷，占11．96％；白刺1．35万公顷，占11．13％；梭梭0．97万公顷，占8.0％；麻黄0.47万公顷，占3.88％；花棒0.2万公顷，占1．65％；枸杞、毛柳、沙棘各0．13万公顷，共占3．22％；达到成效标准的面积为8．78万公顷，合格率72．44％。据调查，林草综合盖度平均为50.5％，平均高度1.10米，其中柽柳群落综合盖度52.5％，平均高度1．02米。与封育前的1979年相比，无论是林木盖度还是林草综合盖度都提高了15％～30％，高度提高了20％～30％。该地区的敦煌市，1980～1989年封育4．15万公顷，其中前期封育的3．13万公顷，已达成效标准，植被总盖度由10％提高到40％以上，是同期人工造林保存面积的5.2倍。该市每年的沙暴日数由19天减至7．8天，封育区内的国营敦煌农场粮食单产由1 100公斤/公顷增

至7 500公斤/公顷。

内蒙古自治区呼伦贝尔沙地现有樟子松林面积约14万公顷，其中90%以上是经过天然下种、人工封育后发展起来的。据笔者1988年6月在红花尔基林业局考察，32年来，平均每年封育成林的面积约为3 000公顷，相当于该局樟子松人工造林速度的10倍。1986年以来，内蒙古自治区林业局下达了在科尔沁沙地封育任务10万公顷，据1992年调查测算，已有58%的封育地达到合格标准，其中乔木型的占10.5%，乔灌型的占12.4%，灌木型的占42.6%，灌草型占34.5%。据中科院兰州沙漠研究所张炜在科尔沁沙地西部奈曼旗的研究，沙漠化草地经过封育后植被状况明显好转（如表3）。

表3　沙漠化草地封育后植被状况

项目	固定沙地比例（%）	植被平均盖度（%）	地表起伏平均高差（米）	产草量（千克/公顷）
对照（过度放牧）	11.0	29.0	2.2	404
封育二年	73.0	58.0	1.2	772
封育三年	87.0	49.0	1.2	871
封育八年	98.0	73.0		1641

从上表可知，过度放牧的沙漠化草地，经过两年的封育，植被状况即有了显著改观，沙地的固定程度由11%提高到73%，植被平均盖度提高了1倍，地表起伏程度平均下降了1米，单位面积产草量提高了91.1%。据作者介绍，沙漠化草地经过2～3年的封育，地域植被恢复到以差巴嘎蒿—扁蓿豆类群落为主的时期，就可以适当利用。科尔沁沙地，从裸沙发展到固定程度比较好的冷蒿等—糙隐子草群落，一般经过一年生草本向小灌木多年生草本的演替过程。

（三）封沙育林育草在治沙工程中的地位

我国多年的生产实践证明，封沙育林育草是防沙治沙的重要措施，与人工造林和飞机播种造林相比，它有投人较少、效益较

快较好的特点。

1. 据“1991～2000年全国治沙工程规划”，10年内规划治理（包括开发）面积667万公顷，其中封沙育林育草266.7万公顷，占40%；人工造林133.3万公顷，占20%；飞机播种造林种草66.7万公顷，占10%。在“封、造、飞”三项治沙措施中，封育所占比重超过了后两项之和。从近两年治沙工程实施的情况看，沙区各地也着力开展了封育工作，据1994年9月下旬全国防沙治沙工作会议（赤峰）统计，两年来，沙区共完成“封、造、飞”83.33万公顷，其中封育面积45.33万公顷，占54.4%；人工造林20.67万公顷，占24.8%；飞播17.33万公顷，占20.8%。

2. 据笔者调查测算，封沙育林育草单位面积的综合成本约为人工造林的1/10（旱作地区）至1/40（灌溉地区），为飞播造林的1/3。甘肃省敦煌市封育综合成本约为45元/公顷，按封育成效面积3.13万公顷计算，共投入140.85万元，其中投劳（工）折算成货币约占一半左右。

三、封育工作取得成就的主要措施

封沙育林育草在我国治沙事业中之地位及成效，已如上述。为了搞好封育工作，各地生产部门经历了一番探索，至于沙生植被的演替规律和合理开发利用等问题，则目前有关部门和单位仍在观察、研究中。综合我国沙区的经验，搞好封育工作的主要措施，有以下几方面。

（一）重视这一工作的时效性，及时进行封育

如前所述，我国目前适宜开展封沙育林育草的面积仅占沙漠（包括戈壁和沙地）总面积的3.6%。适封面积小的主要原因大致有两个：其一是原来就没有或极少植被的流沙和戈壁面积很大，如新疆的塔克拉玛干沙漠和南疆、东疆戈壁；其二是有的原来虽有植被，但经多年的反复破坏，已丧失了一定数量的植被条件，此种情况多见于贺兰山以西的新疆、甘肃、青海和内蒙古的阿拉善

盟等地。

多年的实践证明，封沙育林育草的前提和基础是没有被完全破坏的植被条件。如果不及时抓住这一机会，当残存植被这个条件丧失了，再想封育也不可能了。这就是封育工作的时效性。新疆等地夏季洪水与胡杨、柽柳等沙生植物种子成熟期同步，种子漂落水面，引洪灌溉沙地，起到了落水播种的作用。虽然这是一种特殊情况，但亦有个时效性问题，这就是要及时地将有幼苗幼树的沙地封禁管护起来，防止牲畜的践踏和啃食，否则，封育也不会有多大成效。本文前面列举的新疆、甘肃、内蒙古若干封育工作成效突出的例子，都是重视封育时效性的典型。

（二）建立健全管护和育林机构，坚持常年开展封育工作

新疆南疆有胡杨林分布的各地（州）、县建立了几十个以管护工作为主的国营林场，北疆准噶尔盆地的荒漠灌木林，大多亦建立了专业管护站。甘肃省酒泉地区，自1980年以来，先后建立了20个天然沙生植被管护站，配备管护人员108人。内蒙古呼伦贝尔盟的樟子松封育区，在鄂温克旗巴彦岱建立了一支森警中队，专门负责4万公顷封育区的护林护草防火任务。这些封沙育林育草的专业机构，主要任务有二：一是防止人、畜、火的发生和破坏；二是在封育区的较大空隙地开展人工造林。新疆等地还有每年一度的引洪灌溉沙地的工作。内蒙古一些地方则有设置封育围栏的任务。

（三）认真处理好各种矛盾，合理利用沙生植物资源

在沙区开展封育工作经常碰到群众烧柴和放牧这两个实际问题，不解决这个与人民生活生产息息相关的问题，要使封育见成效只是一句空话。综合各地情况，解决封育与烧柴、封育与放牧的矛盾，采取以下办法是有效的。

1．向群众宣传，提高其保护沙生植被的自觉性

不仅要从理论上向群众讲清楚封育工作的重要性、必要性，更要结合当代典型事例向群众宣讲封育工作的紧迫性以及可望可及的效益。当然，有关法规的宣传也是必要的。各地实践证明，没有

千百万群众的积极投入，就不可能取得三北地区几百万公顷封育工作的成效。

2. 贯彻“多能互补”方针，解决农村能源问题

据有关资料介绍，发展中国家约有20亿以上的人依靠木本植物作为基本燃料（做饭和取暖），85%的伐倒木填进了炉灶。

我国农村的实际情况与上述论述相距不远，有些沙区之所以沦为今天的“不毛之地”，在某种程度上讲是“烧成的”。甘肃省敦煌市政府吃透了这个道理，采取为群众供煤、抓节煤（柴）改灶，推广利用太阳能，大力营造薪炭林，在城市购置液化气灶具、在农村发展沼气能源等一系列措施，大大缓解了“封”与“烧”的矛盾，封育效果十分显著。

3. 实行“轮封轮砍”和“轮封轮牧”，合理利用资源

利用大部分沙生植物均有再生能力的生物学特点，通过一段时间的封育，当植被达到一定盖度（一般林草综合盖度达到40%以上）即有计划、分片划块实行封禁和打柴（或放牧）轮流交替。一般有洪水漫灌、雪水浸润、地下水位较高生长灌木的沙漠，封禁5年左右即可达到开放的要求。据各地经验，梭梭、柽柳、沙拐枣、花棒、杨柴、沙柳、柠条等灌木，每隔3～5年平茬或放牧一次，只要强度适中，不仅能解决农村群众的烧柴和放牧需要，而且可以促进这些植物种更新复壮。

盐湖防沙体系的建立及效益分析

高　永　张奎璧

（内蒙古林学院治沙系）

摘　要　吉兰泰盐湖位于乌兰布和沙漠西部边缘，属典型温带荒漠。本文通过对吉兰泰盐湖的自然条件，环境演化和沙害状况等方面分析，提出盐湖防沙治沙工程中采用的综合防护体系的结构和措施，论述建立该防沙体系所采用的封育、软管移动式喷灌、设置粘土沙障、补植性造林等治沙技术。分析该防沙体系建成后取得的综合效益。

关键词　盐湖　防沙体系　效益

吉兰泰盐湖是内蒙古干旱区内一个重要的资源宝库，是我国当前湖盐产区机械化程度最高的采盐基地。盐湖面积120平方公里，机械化开采面积为37平方公里，盐的贮量达1．1亿吨，而且湖盐开采后具有再生能力，因此成为宝贵的天然资源。但是，由于盐湖位于乌兰布和沙漠的西南边缘，干旱的气候条件及长期以来人类在盐湖周围无节制的樵采和过度放牧，造成荒漠生态环境破坏，风沙的侵害严重地威胁着湖区盐业生产及盐湖存在。1983年调查发现，在这37平方公里采区范围内，已有10．8平方公里被流沙埋没，覆沙厚度平均在0．5米以上。流沙入侵导致干盐湖过早过快地开始向沙下盐湖转化。为了保护盐湖矿产资源，确保湖盐生产的持续稳定发展，给我国沙漠治理技术开拓一条新的途径，我们在吉兰泰盐湖周围建立了以恢复天然植被为主体的综合性盐湖治沙体系。本文主要说明这一新型治沙体系的结构及其防沙效果，并把

植被与环境之间这一质的变化特征用量的形式表达出来。

一、自然地理特征

吉兰泰盐湖位于阿拉善高原东南边缘，东经105°30′，北纬39°48′。该区受西部巴彦乌拉山和东南部贺兰山北段的夹持，呈北东——南西向延伸的长圆形断陷盆地，是我国内陆干旱区典型的蒸发盐湖。该区气候总的特征是冬季严寒、夏季酷热、光照丰富、降水稀少、风大沙多，是典型的温带荒漠气候。据吉兰泰气象站30年观测记载，历年各月情况见表1。

吉兰泰地区在整个地质历史时期，经历了多次剧烈的构造运动，形成了复杂多样的地质构造和地层。基座为前震旦亚界的变质岩系，第三系和第四系的各统地层较为发育，多为洪积冲积物。盆地内部为冲积湖积及湖沼积地层和化学沉积类型。该区地貌结构具有明显的规律性，不论从贺兰山还是从巴彦乌拉山出发，向盆地中心方向均依次为：侵蚀剥蚀断块中山（或剥蚀低山），山前洪积倾斜平原，覆盖有风成沙丘的古湖积平原，湖积盐沼平原，盐湖。该区地带性土壤是灰漠土；非地带性土壤主要有风沙土、盐土和草甸盐土。成土作用微弱。地下水比较丰富，潜水埋深在1～3米左右，水质较差，含盐量较高。承压水贮量较大，水质很好。植被类型以荒漠植被和盐生植被为主，建群种有白刺（*Nitraria tangutorum*）、梭梭（*Haloxylon ammodendron*）、沙冬青（*Ammopiptanthus mongolicus*）红砂（*Reaumuria soongorica*）、刺旋花（*Convolvulus tragacanthoides*）、猫头刺（*Qxytropis aciphlla*）、盐爪爪（*Katidium foliatum*）、沙竹（*Psammochloa villosa*）、苦豆子（*Sophora alopecuroides*）等多种植物。

二、盐湖治沙体系结构与措施

吉兰泰盐湖位于乌兰布和沙漠和腾格里沙漠之间，自然环境

表 1　吉兰泰地区历年气象特征

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
气温(℃)	平均	10.5	6.3	2.0	10.7	18.2	23.3	25.4	23.6	17.2	8.8	-1.0	8.5	8.6
	最高	11.3	17.9	28.8	32.8	38.6	38.4	40.9	40.5	35.8	29.6	22.5	15.6	40.9
	最低	-31.2	-27.2	－21.2	13.9	-1.2	3.3	11.6	8.2	-1.9	-13.3	23.2	-29.4	31.2
地温(℃)	平均	10.3	-5.5	3.3	13.3	22.2	27.5	29.0	26.7	19.3	9.5	0.7	8.5	10.5
	最高	16.8	28.6	44.1	56.5	63.8	66.7	67.0	65.5	57.6	46.0	34.5	19.3	67.0
	最低	-37.2	-30.3	-24.3	-19.3	-7.4	0.9	8.6	3.2	-6.1	15.1	-26.3	-35.2	37.2
日照时数		239.5	236.7	269.6	280.2	319.7	321.6	308.8	296.3	276.6	272.5	239.0	232.7	3293.2
降水量(mm)		0.8	0.9	1.6	5.2	6.6	12.8	26.5	35.5	12.3	5.6	1.9	0.2	109.9
蒸发量(mm)		46.9	77.8	181.8	314.2	443.3	472.7	458.4	389.6	284.5	187.2	97.1	51.7	3005.2
相对温度(%)		46	39	33	31	29	35	44	50	44	43	45	48	41
平均风速(m/s)		3.3	3.5	3.8	4.3	4.2	3.9	3.7	3.7	3.3	3.1	3.5	3.4	3.6
最多风向		SW	SW	NE	NE	SW	SW	NE	NE	NE	N	SW	SW	SW
最大风速(m/s)		16	18	20	24	20	18	19	14	18	16	15	20	24
及其风向		S	WNW	NW	W	NW	WNW NW	NW	NE NW	NW	WNW	WNW	WNW	W
大风日数	平均	0.5	1.5	3.0	6.5	5.7	4.5	4.9	3.2	1.8	1.0	1.2	0.8	34.5
	最多	4	7	8	14	15	10	14	13	6	6	4	6	79
	最少	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7
扬沙日数	平均	6.2	7.5	9.3	9.0	10.2	8.0	6.7	6.5	4.0	4.0	5.1	5.8	82.5
	最多	16	13	17	17	19	16	15	16	9	8	15	11	126
	最少	1	0	2	1	5	1	1	1	1	0	1	0	37

恶劣，生态平衡脆弱，风沙活动强烈，盐湖西北部出现大面积流动沙丘，风沙对盐湖形成直接危害。为了阻止和杜绝这种趋势，在短时间内把沙害控制在最小限度，我们根据本地区的自然条件及目前沙害的具体情况，在盐湖西北部建立了以植物治沙为主，植物治沙与工程治沙相结合的盐湖治沙体系（图1），具体技术措施是：

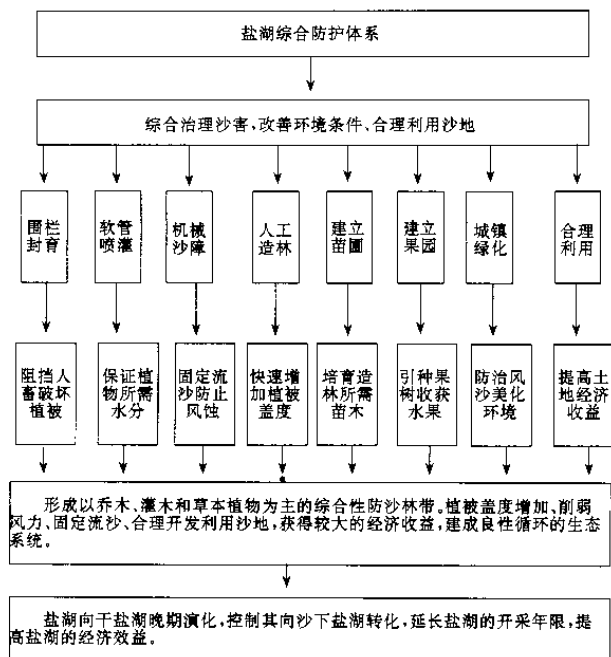


图1　盐湖治沙工程结构框图

(1)围栏封育——在治理区周围设围栏对天然植被进行封育。封育后的植被不受人畜破坏，能够得到自然恢复的环境条件。

(2) 人工造林——在封育区内沿盐湖内围进行植苗造林和直

播造林。植苗造林大面积采用补植性造林法，即：在保护好现有地貌及植被的前提下，依据适地适树的原则，在没有天然植被分布的裸地上进行造林。

(3) 软管喷灌——利用该地区地下水丰富的有利因素，在封育区内打机井，采用软管移动式喷灌人工造林地及人工造林地外围的天然植被，以保证人工林的成活率和快速生长，并促进天然植被恢复。冬季喷灌可以封冻流沙。

(4) 机械沙障——在靠近盐湖的流动沙丘上，由于土壤含盐量高，沙丘流动性大，采用植物治沙见效慢，因此在该地段设置了以粘土沙障为主的机械沙障来固定流动沙丘、改善土壤条件，然后在沙障内进行人工造林。

三、研 究 方 法

(一) 试验地设置

根据本治沙体系的结构，在体系各区域内选择有代表性地段做为试验区。试验地共设置了五个试验区：对照区、封育区、喷灌区、造林区和天然植被更新繁殖试验区。在各试验区内都设有固定样地。

(二) 植被调查

植被调查以固定样方为基础并结合随机抽样。样方内植株进行每木检尺，所设样方规格分别为：25×40（米）、20×25（米）、20×20（米）、10×10（米）、2×2（米）、1×1（米）。用米尺和游标卡尺测定植物的高、地茎、冠幅等，并根据冠幅来计算植被盖度。地上部分生物量采用称鲜重法测定，密度和更新苗测定则采用样方内数株（丛）数进行调查。

(三) 温湿度观察

气温和相对湿度的测定是在各固定样方内使用DIJ_1型温湿计同时进行自动记录24小时内的变化情况。

(四) 风速测定

用 DEY—I 多点遥测防沙风速仪进行同步观察不同试验区内200厘米、100厘米、50厘米、30厘米和10厘米高度处的风速。

（五）输沙量测定

在不同样地内用聚沙仪收取近地表0～10厘米层内的输沙量，然后用天平称其各层沙的重量。根据风速梯度和输沙量来确定各试验区的防沙效果。

四、防沙体系的建立

（一）封育、喷灌能改善沙区生态环境

该地区天然植被属于典型荒漠植被类型。这些天然植物具有抗逆性、根蘖性、萌生性和自然下种繁殖能力很强的特性，一经保护很容易得到恢复。我们对治理区内的天然植被采用了封育和喷灌等保护和促进措施后，经过三个生长季后这些天然植物已得到明显恢复，（详见表2、表3）。

表2 天然植被中的主要建群种生长情况

植物种 \ 试验区 \ 生长状况		平均株高（厘米）	平均冠幅（平方米）	当年生枝长（厘米）	密度［株（丛）/米²］
白刺	喷灌区	65.6	26.1	38.8	28
	封育区	53.7	17.5	28.1	16
	对照区	33.4	8.1	16.6	10
沙冬青	喷灌区	102.8	2.18	15.7	0.20
	封育区	88.4	1.71	5.6	0.33
	对照区	80.0	1.40	5.2	0.11
梭梭	喷灌区	157.5	3.21	62.2	0.002
	封育区	146.3	1.52	38.7	0.005
	对照区	70.8	0.23	17.3	0.0025

表3　几种草木植物的生长情况

植物种	地点	平均高（厘米）	平均冠幅（平方厘米）	植物种	地点	平均高（厘米）
沙蓬	喷灌区	36.2	5171.3	沙竹	喷灌区	74.3
	封育区	12.9	793.8		封育区	71.6
	对照区	3.8	57.7		对照区	50.6
骆驼蓬	喷灌区	18.1	336.0	芦苇	喷灌区	56.0
	封育区	14.1	247.8		封育区	32.6
	对照区	8.0	240.0		对照区	5.0
冷蒿	封育区	15.5	265.9	绵蓬	喷灌区	4.5
	对照区	8.8	156.1		封育区	3.8

表中结果表明，天然植被在不同治理措施下生长情况不同。不同试验区内的植物不但其株高和冠幅明显不同，而且密度和长势也有很大差别。主要建群种白刺喷灌区的平均高是对照区的1．96倍，平均冠幅是对照区的3．2倍，密度是对照区的2．8倍。调查发现对照区内梭梭有死亡现象，这主要是由于牲畜的过分采食所引起。梭梭被采食后几乎所有的绿色叶片被吃掉，植物体的光合作用受到影响，长期下去植物必然因过分饥饿而死亡。总的来看，封育后再加喷灌措施的喷灌区植物生长最好。这说明封育使植物种得到了定居与生长发育的环境，而喷灌使植物有了生长发育的物质基础。同时也表明旱生及强旱生植物并不喜欢干旱，所谓旱生只是具有一定的抗旱能力，当水分条件得到适当改善时会生长得更好。

从天然植被地上部分生物量的变化情况（图2）和主要建群种白刺各年新枝的生长情况（表4）可以看出，喷灌区内，白刺的生长速度受降水量影响很小，三年之内的生长速度基本一致，保持在39厘米左右。而封育区和对照区内的植物，受降水量的影响十分明显，随年降水量的变化而变化。封育区内当年降水量为130．7毫米时，当年生枝长34．7厘米；当年降水量为91．8毫米时，当年生枝长25．2厘米；当年降水量为56．8毫米时，当年生枝长只有

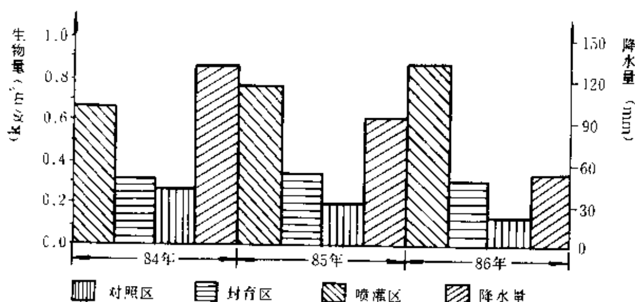


图2 (1984～1986年)不同试区内天然植被地上部分生物量(鲜重)

表4 白刺当年生枝长(厘米)与年降水量的关系

调查时间	喷灌区	封育区	对照区	年降水量(毫米)
1984.9	39.1	34.7	23.8	130.7
1985.9	38.9	25.2	13.6	91.8
1986.9	38.4	24.4	12.4	56.8

24. 4厘米。

(二)人工补植性造林

建立人工植被时主要采用补植性造林法进行人工造林。补植性造林法有许多优点，其一是植被的防护效果来得快，可靠性大；其二是防沙林能形成多层次比较稳定的群落结构，防护效果好；其三是节省开支，施工容易。该治沙体系中主要造林树种选择了沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)、沙拐枣(*Calligonum mongoli cum*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、柽柳(*Tqmarix ramosissima*)等。造林后经过三个生长季各树种已长到一定高度(表5)。沙拐枣造林后第一年最高株已达到2米左右，并开始结实。造林后第二年沙拐枣开始自然繁殖，林地内出现实生幼苗。其他树种造林后三年之内还没发现自然繁殖现象。造林三年后沙枣林地植被盖度达到49. 88%，已超过固定沙地(40%)的指

标；柽柳林地的植被盖度为28．88％；在粘土沙障内营造的沙拐枣、花棒、梭梭混交林的植被盖度已达到25．51％；直播造林地内最高盖度可达43．01％。从人工林生长的情况可以看出，荒漠地区采用补植性造林法造林后，植物治沙见效快。

表5　几种造林树种生长情况一览表（1984年春造）

项目 / 树种	调查时间（年、月）	平均地径（厘米）	平均高（厘米）	平均冠幅（厘米²）	密度（株/米²）	样地内最高株（厘米）
沙枣	84．10	1.18	78.77	2202.7	0.39	127
	85.5	1.20	65.63	1256.5		110
	85.9	1.96	101.42	4874.1	0.38	162
	86.5	2.18	103.29	5503.0		165
	86.9	2.72	127.08	9792.5	0.38	230
柽柳	84.10	0.83	66.90	2670.0	0.55	83
	85.5	0.84	58.18	3456.7		70
	85.9	0.93	71.80	4178.5	0.55	104
	86.5	1.04	65.70	5146.0		107
	86.9	1.11	74.65	5251.6	0.55	123
花棒	84.10	0.30	32.50	1738.9	0.11	65
	85.9	0.50	81.37	5547.6	0.073	125
	86.9	0.69	92.80	6407.5	0.065	156
梭梭	84.10	0.74	69.20	6483.4	0.056	98
	85.9	2.20	111.50	16009.3	0.053	176
	86.9	2.68	134.30	17636.8	0.048	242
沙拐枣	84.10	1.77	149.80	12332.4	0.033	193
	85.9	2.93	190.60	24461.8	0.040	258
	86.9	3.29	207.03	33002.6	0.047	312
籽蒿	84.10	0.23	39.70	35.0	24.0	15
	85.9	0.87	63.70	1444.0	2.75	100
	96.9	0.98	71.40	2458.0	2.25	112

（三）天然植被自然更新繁殖情况

治理区内的天然植被经过三个生长季后，植被盖度都有增加，流沙被固定，使环境条件得到进一步改善。大部分天然植物种都在不同程度上有自然更新繁殖现象。更新苗密度各试区内有所不同（见表6）。如表中所示，白刺、沙米、油蒿等植物的更新繁殖苗密度在各试区内变化比较大，另一些植物如沙冬青、棘豆、骆驼蓬等的更新繁殖苗密度在各试区内变化比较小。由于灌水和封育措施的促进，在对照区内没有或数量很少的植物种，在灌水区和封育区内得到大量定居。整个封育区内的草木植物如沙米、沙竹、冷蒿等幼苗分布比较广泛，多分布在丘间覆沙地和一些沙丘的中下部。从整个治沙体系来看，天然植物更新苗分布不均匀，条件较好的地段密度较大，条件较差的地段密度小，有些地段没有更新苗出现。总的情况是灌水区更新情况最好，对照区更新情况最差。从表6的分析中我们可以得到另一个结论，即天然植被只要稍加管护，自然更新繁殖速度也是很快的，星散植物会迅速蔓延扩展，这对恢复天然植被、扩大植被覆盖度、提高固沙效果同样起到积极的作用。

表6　几种天然植物自然更新繁殖情况〔株（丛）/米^2〕

试区	沙冬青	白刺	沙米	沙竹	芦苇	骆驼蓬	冷蒿	油蒿	棘豆
喷灌区	0.078	2.5	74	7.16	7.9	0.01	0	21.7	0.185
封育区	0.033	0.18	44	5.07	4.5	0.09	1.9	5.8	0.115
对照区	0.008	0.005	18	0.29	2.5	0.07	0.7	3.0	0.075

（四）植被盖度的增长速度

研究结果表明，在整个治沙体系中，采用补植性造林法进行人工造林后，植被盖度的增长速度最快，其次是天然植被喷灌后的增长速度。对照区内的植被盖度不但没有增加，而且有所下降。治理三年后，植苗造林区、直播造林区、天然植被灌水区的植被盖度都超过了固定沙地植被盖度（40%）的指标（见表7）。表中结果表明，这三个区内的流沙已基本被固定。

表7　不同试区内植被盖度变化情况

调查时间 \ 植被盖度(%)	封育区	喷灌区	植苗造林区	直播造林区	对照区
1983年以前	25.00	25.00	20.00	0.40	15.00
1984年10月	28.26	31.75	28.59	8.40	15.93
1985年9月	29.23	42.70	39.01	38.90	9.62
1986年9月	27.92	51.84	57.21	43.00	6.89

植被盖度的高速增长，除了人工造林增加植被盖度外，改善环境条件，促进天然植被的恢复也增加了植被盖度。我们从5月10日～6月9日内连续4次对天然植被盖度进行了调查。结果表明，天然植被盖度在各试验区内的增长速度明显不同(见图3)。灌水区在5月5日前喷灌过一次，所以以5月10日～20日盖度的增长速度很快，图中反映为直线斜率大。随着时间的推移，灌入土壤中的水逐渐被蒸发和蒸腾，使土壤含水量逐渐下降。表现为植被盖度的增长速度逐渐减小，并向封育区植被盖度增长速度趋近；封育区天然植被盖度的增长速度基本保持不变，因为在调查期5月10日～6月9日内没有降水；对照区内盖度增长速度变化了三次，这是由于在此期间牲畜进行过两次采食，10～20日内进行了第一次采食，所以此期间植被盖度增长速度比封育区内小。20～30日同样地没让牲畜采食，此期间盖度增长速度与封育区基本相同。同样在5月30日至6月9日内又进行了一次采食，从而使盖度增长速度又小于封育区。从图3的变化情况我们可以得出这样结论：天然植被盖度的增长速度与土壤含水量有密切关系，当土壤含水量变化很小时，盖度增长速度基本保持不变。同时从植被盖度增长速度与降水量关系也可以说明这一点（图4)。

图4结果表明，喷灌区内不论年降水量为多少，植被盖度的增长速度基本保持不变，每年增长9%左右。封育区内当年降水量是130．7毫米时，盖度的年增长量为3%；当年降水量为91．8毫米时，盖度年增长量为1%；当年降水量是56．8毫米时，盖度反而减少了1%。同样，对照区内的植被盖度也随年降水量变化而变化。

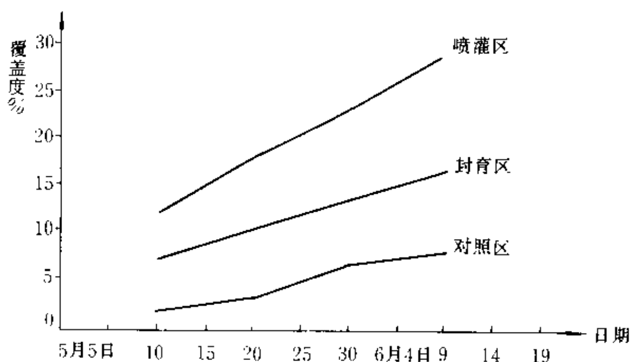


图3　不同试区内天然植被盖度的增长速度

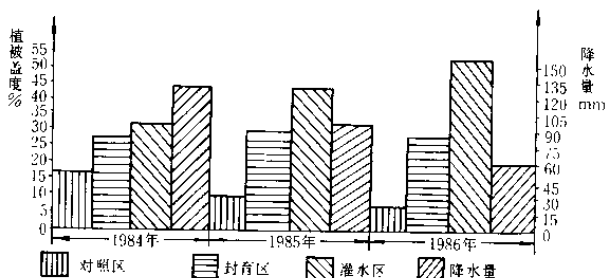


图4　不同试区内天然植被盖度与降水量关系

五、综合效益分析

（一）小气候效应

治沙体系建立三年之后，由于营造人工防沙林和恢复天然植被，调节了本地区的小气候。在不同试验区内，小气候又有明显差

异（见图5、图6）。图中天然植被Ⅰ是在喷灌区内测试的结果，天然植被Ⅱ是在封育区内测试的结果。结果表明，日平均气温人工沙枣林内最高，并且日最高气温出现时间比其他几种类型晚。日平均气温最低的是无植被的流沙地。图6是各植被类型内相对温度的日变化情况。如图所示，天然植被Ⅰ内的日平均相对湿度最大；流动沙地的日平均相对湿度最小，而且相对温度的日变差也最小。研究结果表明：植被对空气温度和相对湿度的影响比较复杂，往往因季节等不同而异。但就在夏季内，日平均气温随着植被的平均高度增加而增加，而且受地表湿度的影响。日平均相对湿度随着植被盖

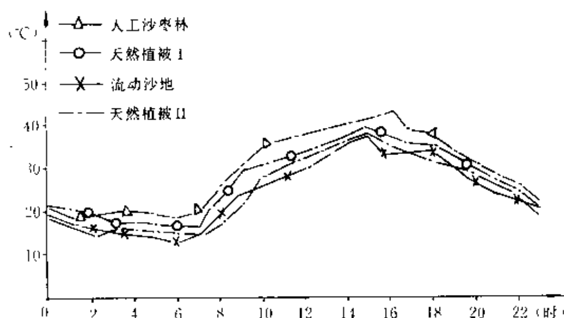


图5　不同植被类型内气温（℃）的日变化

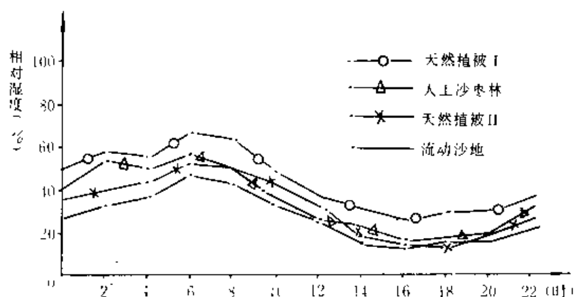


图6　不同植被类型内相对湿度的日变化

度增加而增加，同样也受地表湿度的影响。

（二）治沙效益

本治沙体系中的治沙技术措施是以保护和促进天然植被恢复及人工补植造林为主体，同时也加以一定的工程措施，以植物治沙与工程治沙相结合的方式来达到治沙的目的。经过8个生长季后，整个治沙体系已起到一定的治沙作用（表8）。

表8 不同治理措施的治沙效果

测点	2米高处风速（米/秒）	$(V_H/V_{200})\times100\%$				输沙量（克/分·厘米²）
		100厘米	50厘米	30厘米	10厘米	
对照区	6.07	91.58	80.83	63.08	58.03	0.038
封育区	6.05	86.03	76.99	58.22	41.37	0.0097
喷灌区	6.02	76.89	61.35	44.36	15.27	0
造林区	6.09	73.65	43.04	30.43	12.98	0

表中V_H代表高度分别为100厘米、50厘米、30厘米、10厘米处的风速实测值。V_{200}是2米高度的风速实测值。从表中可以看出，各试验区内植被降低风速的百分比不同。喷灌区和造林区内的植被防沙效果最好，在距地面50厘米高的范围内，风速已降低到不能起沙的程度，也就是说输沙量等于零，这是变流动沙地为固定沙地的具体指标。同时也说明天然植被恢复后的治沙效果与相近高度、相近盖度人工林的治沙效果基本相同。调查结果表明：喷灌区和造林区内的植被盖度都超过固定沙地植被盖度的指标，基本控制了沙子的移动。封育区内的植被盖度大部分超过了半固定沙地植被盖度的指标，对流沙移动起到了一定的控制作用。

（三）经济效益

该防沙体系的经济效益主要表现为减少盐湖进沙量，延长盐湖的开采年限。从治理前后连续4次调查结果（表9）可以看到，盐湖表面覆沙厚度在20厘米以上的面积，治理前三年平均每年扩大1．862平方公里，治理后10年则平均每年扩大0．608平方公里。如果按治理前扩展速度计算，再过20年后整个盐湖将变为沙下盐湖，按治理后的扩展速度计算，盐湖最少延长开采80多年。按每年开采

70～80万吨的现在开采能力计算，可多采盐6000万吨左右。以进沙量来看，治理后的10年比治理前3年平均每年减少进沙102．43万立方米。若清除这些入侵的流沙，将是一笔很大的支出。仅从节省清沙费用和延长开采年限分析，此防沙体系已取得了很大的经济效益。此外，综合开发利用沙地，发展沙产业所创造的农副产品也是一笔较大的收入。生产的蔬菜、水果、猪肉、鸡、蛋、鱼等能够满足盐场职工的生活所需。仅葡萄的年产量现已达到10吨以上，鱼的年产量也达到9吨。

（四）社会效益

防沙林和城镇绿化林的营造，沙产业的建设，使镇区内绿树成荫，改善了当地居民的生产和生活环境。防沙体系阻截了风沙流对成品盐堆的危害，提高了成品盐的质量。同时减少了风沙对机械设备的危害，延长其使用年限。沙产业区所收获的产品，使当地居民第一次吃到本地产的各种食品，提高了人们的生活水平，同时，人们也看到了绿色的希望。

表9　盐湖进沙量及覆沙面积调查比较

调查时间（年、月）	覆沙面积（千米^2）	积累进沙量（10千米^3）
1980.6	5.21	443.2
1983.6	10.80	825.4
1986.6	11.99	936.6
1993.6	16.88	1075.1

类别	覆沙面积年平均增加（10千米^2/年）	每年增加面积占矿床总面积%	平均每年进沙量（10千米^3/年）
治理前	1.862	5.01	127.4
治理	0.396	1.06	37.1
治理后	0.698	1.88	19.79

参　考　文　献

1. 张奎璧．吉兰泰盐湖沙害综合治理技术的研究．干旱区资源与环境．1988（2），4．

2. 耿侃．吉兰泰盐湖环境退化及其综合治理途径．青年地理学家，1990

(2).
3. 马世威. 吉兰泰盐湖西北部风沙地貌形态发育及沙害控制途径. 中国沙漠，1990（3）.

敦煌鸣沙山与月牙泉共存机理的研究[①]

温 国 胜

（内蒙古林学院沙漠治理系）

摘 要 本文根据对敦煌月牙泉风景区的野外风沙考察、定位风沙观测以及有关区域资料的分析研究得出：在鸣沙山与月牙泉长期共存的平衡中，风、下垫面的特征及风沙流的活动主要起积极的作用，人类活动的干扰和破坏是主要的消极因素。

关键词 敦煌、月牙泉、鸣沙山、治沙

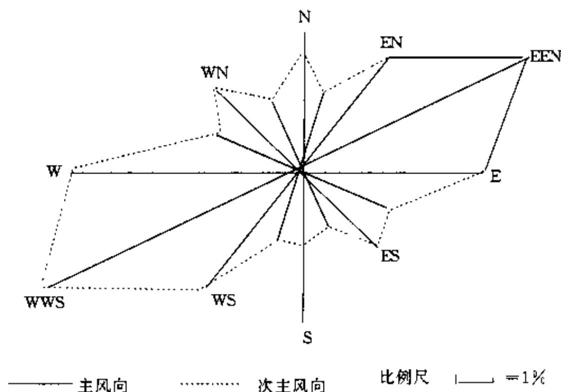
敦煌是古丝绸之路上的一颗明珠。座落于敦煌城南约 3 公里处的月牙泉风景区内的鸣沙山与月牙泉，以其天下奇观的地貌、古老神秘的传说同闻名于世的敦煌艺术溶为一体，吸引着天下的游客。鸣沙山，名曰“沙岭晴鸣”，山峰几乎全由细沙组成，高达数百米，峰峦危峭，四周皆为沙垄，脊如刀刃，人登之即鸣，其沙随足颓落，经宿风吹，辄复如旧。月牙泉因形似半月而得名，它的奇异之处是四周被流沙环绕，流沙与泉之间只有几米，虽有强风，但泉中落沙甚少，泉水始终碧波澄澈，清明如镜。[1]但是，近年来，月牙泉风景区环境条件日益恶化，月牙泉面临着被周围流沙埋没的危险，鸣沙山大有踏平失鸣之可能，著名的旅游风景区有逐渐失去其吸引力的危险。因此，探索鸣沙山与月牙泉长期共存的机理，揭示这一号称“沙漠地貌奇观”之谜，对于保护沙漠旅游资源，开发月牙泉风景区具有重要的意义。

---

① 本文承蒙张奎璧教授、韩泽民先生的指导，深表谢意。

一、风 的 作 用

风是风沙活动的动力，风沙活动乃是地表沙子在风力作用下的吹蚀、搬运和堆积过程。风沙活动导致沙丘的移动。根据敦煌气候站的多年观测资料分析[2,3]，多年以来，月牙泉风景区主要受偏东东北风和偏西西南风的作用，其他方向的风的频率较小（表1、图1），而且，偏东东北风的作用力略大于偏西西南风的作用力（表2）。



——— 主风向　　………… 次主风向　　比例尺 ⌊__⌋ =1%

图1　风向频率图

表1　历年各风向平均频率统计

风向	N	NEN	EN	EEN	E	EES	ES	SES	S	SWS	WS	WWS	W	WWN	WN	NWN
频率（%）	4	3	8	10	5	2	2	1	1	2	5	9	9	4	4	3

表 2　偏东东北风与偏西西南风的作用力比较

主要风向		偏东东北风	偏西西南风
多年平均频率（%）		10	9
历年各主要风向的月份数和月平均风速	月份数（月）	7	5
	月平均风速（米/秒）	2.4	2.0
历年主要风向的定时最大风速及其月份数	月份数（月）	8	4
	定时最大风速（米/秒）	20	18
历年各风向月平均大风日数和月平均沙暴日数	月平均大风日数（日）	1.8	0.4
	月平均沙暴日数（日）	1.8	0.8

因此，在单独考虑风的作用时，鸣沙山在这两种风向截然相反、风力大小相近的盛行风作用下，高大沙山基本稳定在原地，只是脊线往复摆动；对于低矮的沙丘作往复前进式运动，总的前进方向是由盛行风力较强的偏东东北方向向盛行风力较弱的偏西西南方向缓慢移动。因此，月牙泉西南方向分布广泛的流沙总体上不会向偏东东北方向延伸，分布于大沙漠东北边缘的月牙泉及附近的农田、村庄、城镇遭受西南方向来的大沙漠埋压的可能性很小。但这并不排除局部范围内，在包括其他因素在内的综合影响下导致的流沙入侵。

二、下垫面的作用

下垫面的作用主要表现在地貌、沙地水分状况及植被等几个方面。

月牙泉周围是以鸣沙山为主的风沙地貌类型，地表由流动沙丘组成，沙丘相对高度 100 米以上。据研究，沙丘移动的速度与沙丘高度呈反比，即沙丘越高大，移动的速度越慢[4]，所以高达数百米的鸣沙山是相对稳定的。

月牙泉风景区及附近的沙地水分状况及植被表现出明显的季节性（表 3）。在 3～9 月份，盛行偏东东北风，该季节降水量大，

地表沙子较湿润，增强了沙子的粘滞性和团聚作用，增大了起沙风速，并且该季节植被覆盖度较大，所以偏东东北风作用下的风沙活动受到较大的牵制。在10～2月份，盛行偏西西南风，该季节降水较少，植被覆盖度小，所以偏西西南风作用下的风沙活动受到较小的牵制。这就巧妙地缩小了较强的偏东东北风与较弱的偏西西南风作用下风沙活动大小间的差距，使鸣沙山进一步趋于稳定。

表3　不同季节降水、植被、风的比较

	10～2月	3～9月
年降水量（毫米）	4.7	35
占年降水量的（%）	12	88
月平均降水量（毫米）	0.9	5.0
占全年月平均降水量（%）	27	151
植被覆盖度	小	大
月平均风速（米/秒）	2.0	2.3
主要风向	偏西西南风	偏东东北风

三、风沙流的作用

风吹经流沙表面，将疏松的沙子纳入气流，形成含有沙粒的运动气流，称之为风沙流。环绕月牙泉的高大沙山，不断改变进入沙山间洼地近地面的风速、风向，使其风沙流的活动主要集中于鸣沙山上；在鸣沙山的每一坡面上，风沙流主要是沿与坡面等高线走向成锐角的方向斜向上运动；在鸣沙山的每条沙垄上，风沙流主要是从沙垄的坡脚两侧斜向上向沙垄脊线拢沙；在每一座沙山上，风沙流主要是从各个坡面的坡脚向山顶拢沙。因此，从鸣沙山上滑下的沙子在风力作用下，可以自然恢复山体、稳定山体，把沙子从山脚拢到山上，一场起沙风后，出现“脊如刀刃、峰如削成”的地貌景观。

当拢到沙面与水平面的夹角在沙子的休止角附近时，沙山上的沙子在重力作用下，自动下滑，发出鸣响声，正如史书《地理志》记载“敦煌鸣沙山在天晴时，沙鸣声闻于城内。”

为了揭示不同方向的风形成的风沙流对鸣沙山的作用规律，我们在南沙山迎泉坡（靠近月牙泉南部的沙山的向泉的坡面）沿山坡等高线的方向，在坡的中下部和近坡脚布置上、下两排观测点，每日上午定时观测每个观测点的蚀积状况（一表示风蚀，+表示堆积，O 表示坡面稳定即既没有风蚀也没有堆积，单位为厘米）。对观测数据进行统计分析（可靠性都是 95%）[5]。通过进行所有蚀积观测值的总体平均数与 O 的差异显著性检验（表 4）表明：上排观测点、下排观测点的蚀积总体平均数与 O 的差异均不显著，观测点的蚀积总体平均数与 O 的差异均不显著。这就是说，在各个方向，不同强度风的综合作用下，南沙山迎泉坡的坡面，无论在中下部还是坡脚，都是稳定的，既没有显著的风蚀，也没有显著的堆积。通过进行偏东风和偏西风作用下，蚀积观测平均数与 O 的差异显著性检验（表 5）表明：偏东风产生堆积，偏西风产生风蚀，而且在坡脚作用显著，在坡的中下部作用不显著。

表 4　蚀积总体平均数与 0 的差异显著性检验结果

	样本平均数 $\bar{X}$	样本标准差 S	样本单元数 n	$\|u\|$	$u0.05$	检验结果
上排观测点	−0.1	1.0	231	1.55	1.96	差异不显著
下排观测点	−0.1	1.1	239	1.24	1.96	差异不显著

表 5　偏东风和偏西风作用下蚀积观测平均数与 O 的差异显著性检验结果

	盛行风向	样本平均数 X	样本标准差 S	样本单元数 n	$\|t\|$	$t0.05$	检验结果
上排观测点	偏西风	−0.4	1.0	11	1.157	2.228	差异不显著
	偏东风	+0.7	1.1	9	1.844	2.306	
下排观测点	偏西风	−0.9	1.1	12	2.686	2.201	差异显著
	偏东风	+0.9	1.1	11	2.593	2.228	

因此，不管是什么方向的风，只要进入鸣沙山间的洼地，都要受到沙山的阻挡，随地形的变化，不断改变近地面的风向，使各个方向的风的作用力差距进一步缩小，而且偏东风和偏西风交替出现，坡面的时积时蚀，互相削弱其作用效果，使局部本来就轻微的风蚀、堆积现象互相抵消一部分，在总体上形成稳定的动态平衡的地貌格局。

月牙泉的北面为北沙山，南面为南沙山，在环绕月牙泉的南沙山与北沙山的沙垄之间，形成了进入月牙泉的两个主要的风口，即月牙泉东面的东风口和月牙泉西面的西风口。当盛行偏东风时，风从东风口吹入，风沙流在月牙泉的东面，绕过月牙泉，从泉的两侧沿南沙山、北沙山的坡面斜向上向西风口吹出；当盛行偏西风时，风从西风口吹入，风沙流在月牙泉的西面，同样绕过月牙泉，从泉的两侧沿南沙山、北沙山的坡面斜向上向东风口吹出。所以无论风从那个风口吹入，风沙流都要绕过月牙泉，使月牙泉始终不被流沙所埋，鸣沙山与月牙泉长期共存、和睦共处，被人们美称为戈壁大沙漠中的一对“孪生兄妹”。

四、人为因素的作用

人为因素的干扰和破坏，是月牙泉风景区产生风沙危害的主要影响因素。人类活动通过改变局部地形，导致风沙活动的途径、强度发生变化，从而破坏鸣沙与月牙泉多年来形成的共存平衡体系。这主要表现在以下几个方面：

（一）地表结构的变化

近年来，随着敦煌市的对外开放，进入月牙泉风景区旅游的人数日益增多。在目前月牙泉风景区管理制度尚未很健全的情况下，游客给月牙泉风景区的流沙表面留下了大量废饮料瓶、瓶盖等垃圾。据我们调查，每平方米的沙面上仅瓶盖就高达 20 多个。这些垃圾起了沙障的作用，影响了流沙表面的风沙运动，使鸣沙山上滑下的流沙。本来应该在风的作用下，将沙子由坡脚向上吹

到鸣沙山上的机制遭到破坏，滑下的沙子不能“辄复如旧”，不能恢复沙山的本来面貌。

（二）流沙随足下坠量超限

据统计，每年进入月牙泉风景区的游人达几十万人次。为了听到鸣沙之声，同时俯视月牙泉全貌，多数游人集中在北沙山爬上滑下，随身带下大量沙子，对北沙山的破坏力超过了自然风力的复原能力，造成北沙山山体变形，打破了鸣沙山与月牙泉共存的平衡机制。

（三）古建筑群的破坏

历朝万代，道教、佛教、儒教争相释义，在月牙泉南侧建有亭台、庙宇等古建筑群，它对于从东风口和西风口吹入的风起聚风的作用，加强了迎泉坡脚的风力，促进了迎泉坡脚滑下沙子的复原。“文化大革命”中，千年古寺，毁于一旦，古建筑群被铲平，其聚风作用丧失，造成南沙山迎泉坡脚流沙明显入侵。据对古建筑群外周围墙遗址的现状调查分析，从 1968 年到 1988 年 20 年间，南沙山迎泉坡脚的流沙已向月牙泉方向向前延伸达 25 米，局部流沙前沿已伸入月牙泉，直接威胁着月牙泉的生存。

（四）东风口附近积沙

东风口原来没有流沙，近年来，这里建有临时房屋数间，对过往的风沙流形成了阻挡，仅几年的时间，流沙在东风口堆积成片，前沿已延伸到月牙泉内，这不仅使流沙直接埋压月牙泉，而且流沙阻挡了进出月牙泉湾的风，削弱风在整个平衡中所起的作用。

五、结 论 与 建 议

1. 风、下垫面及风沙流对维持月牙泉风景区的平衡体系主要起积极的作用，为鸣沙山与月牙泉的长期共存奠定了基础。

2. 近年来，月牙泉风景区环境条件的逐渐恶化，主要是由于人为因素的干扰和破坏引起的。为了维持鸣沙山与月牙泉的长期

共存，为了保护这一著名沙漠旅游景观，必须清除人类活动的不合理因素。

3. 月牙泉风景区是多年来各种因素相互作用下形成的复杂的、稳定的平衡系统，建议在开发过程中，原则上要保持自然景观，需要采取的人工措施要经认真研究后慎重行事。

参 考 文 献

1. 杨利民等．瀚海明珠．敦煌：新世界出版社，1989.
2. 敦煌气象站．甘肃省敦煌县农业气候资源分析与区划，1984.
3. 酒泉地区气象局、酒泉地区科技局．甘肃酒泉地区农业气候志，1976.
4. 治沙造林编委会．治沙造林学．北京：中国林业出版社，1984.
5. 北京林学院主编．数理统计．北京：中国林业出版社，1985.
6. 温国胜．敦煌月牙泉风景区风沙活动的初步研究．内蒙古林学院学报，1990（2）.

沙地开发中的节水灌溉系统

王 贤

（北京林业大学水土保持学院）

摘 要 我国北方水资源极为缺乏。干旱是北方自然灾害之首，是影响农林牧业生产的主要限制因素。沙地水分渗漏严重，建立节水灌溉系统在沙地开发中有重大意义。作者调查了永定河沿岸沙地上各种灌溉方法，取得了大量资料，证实了节水灌溉系统有突出的经济效益和社会效益，是半湿润、半干旱、干旱地区发展生产的必然方向。作者对各种灌溉方法的优缺点进行了全面的分析与比较，指出低压管道输水灌溉、软塑管输水灌溉、喷灌都是适合沙地上推广的节水灌溉技术，而滴灌是沙地上最理想的节水灌溉技术。

关键词 干旱 水资源 节水灌溉系统

地球上的总水量是丰富的，但其96.5％储存在海洋之中，淡水只为2.53％。而这部分淡水大部分（占淡水的69.6％）又被固定在地球的南北两极和高山冰川带和冻土带，人类可利用的淡水资源实在是很有限的。我国水资源虽然在世界上占第六位，但人均占有量只相当世界人均占有量的1/4，为2695立方米，排在第88位，说明我国的水资源很不丰富。我国陆地降水量折合降水深为628毫米，低于全国植被正常生长蒸发散的消耗量。这本不丰富的降水在地区的分布又极不平衡，水土资源的组合又极不协调。降水800毫米以上的湿润地区在秦岭、淮河以南及东北中部、东部局部地区。作为地理中心的兰州，降水仅为270毫米，处在半荒漠的边缘。我国东北西部、华北北部和西北的广大地区，总

面积有 504 万平方公里处在降水小于 500 毫米的干旱、半干旱地区。从农林牧生产的需要出发，水是极其缺乏的，可以说自古以来中国北方的农牧业生产发展始终受水分条件的制约。干旱造成的灾害无论从范围上、时间上、严重程度上都是影响最大、最危险的自然灾害，降水的丰欠基本上决定了农牧业生产的状况。

沙土地质地粗，有机质及粘粒含量少，持水力低，渗漏极快，故沙土含水量低，抗旱能力最差。要开发利用沙荒地必须改善其水分条件，为此，沙区群众为水利建设进行了长期不懈的努力。随着科学进步，经济发展及客观条件的变化，沙地灌溉技术也在不断丰富完善和提高。永定河沙地的水利建设就经历了由地头马槽井、柳帮井、砖砌井到机井；由人力提水到机械水泵、电力带动提水；由土渠漫灌到各种防渗渠道畦灌，低压管道输水小畦灌、软塑管输水畦灌、喷灌、滴灌等各种技术阶段。灌溉技术的发展水平实际上反映了农业生产的发展水平。

建国几十年来，由于人口大量增长，工农业生产迅速发展，城乡人民生活水平不断提高，水的需要量越来越大，以至不得不长期严重超采地下水，造成地下水位大幅度下降。以大兴桑马房为例（据高一新材料），60 年代以前沙地里几乎到处有水，除低洼处尽是水塘外，沙地上挖几十厘米就是水。1965 年前田间地下水位在 1 米左右，1965～1970 年降到 2～3 米，1975～1980 年降到 6 米，1980～1985 年降到 7 米，1985 年以后降到 8 米，6～7 月干旱时挖到 12 米还不见水。这一实例反映了北京地区的普遍趋势。上游修建水库，断绝了补充水源，加剧了这一趋势的发展。近年来水源供需矛盾日益突出，水危机日趋严重，原本工农业用水水库（密云水库）不得不转向城市生活用水，成为城市的生命线，水源不足已成为社会、经济发展的严重的制约因素，“节约用水”已成为全社会的口号。

沙荒地开发如不灌溉，肯定是低效益，或者无效益，甚至负效益，不可能集约经营。因此必须采取灌溉措施。但沙地表面蒸发强烈，向下渗漏极其严重，一般灌溉方法（土渠输水）水分利

用率极低，如果土渠过长，有可能降低到零，使绝大部分水变为无效水而浪费。加之近年各种水电设备价格猛涨，因此在沙地开发中，如何建立适合沙地特点的节水灌溉系统，最大限度地提高水分利用率，特别是在水缺地广的干旱地区充分发挥有限水分的生产能力以取得最大效益乃是今天急需解决的重大关键问题。而采用节水措施必然要大幅度增加建设投资，加重开发者的经济负担。因此，必须全面考虑各方面利弊，用发展的眼光寻求既节约水资源又提高经济效益，对增加的建设投资可以接受的先进灌溉技术。为此，我们对永定河现有的各种灌溉方法进行了调查研究与分析比较。现将调查材料整理分析列表（见表 1，表 2）。

根据上述材料，对永定河沙地现用各种灌溉方式进行简要介绍、分析和评价。

（一）土渠输水灌溉

是一种长期使用的传统的粗放的地面灌溉方法，其优点是田间工程简单，一次性建设投资小，但对平整土地要求严格，在大面积开发中平地成本较高。其主要特点是主、干、支各级渠道和灌水田面渗漏十分严重，利用系数低，浪费大。我国灌溉平均水分利用系数为 56%，渠系渗漏达 44%。沙地灌溉渠道渗漏更为严重。据生产实践中观测，桑马房 360 米土渠，开机 6 小时，水流才进入田面。在灌溉开始前主支渠道已渗漏损失 240 立方米，在水流进入田面后，渠道渗漏并未停止，只是速度减缓。在柏村，250 米长沙土渠道也要开机 6 小时水流才开始进入田面。所抽 198 方水已在渠中全部渗漏，水流进入田面后，因渠道继续渗漏，水流很小，以致于灌溉 116 米长树行需要 24 小时，平均每分钟水流仅前进 8 厘米。这一树行若均匀灌水 17. 4 立方米就够了，实际抽水 792 立方米，水分利用有效系数仅为 2. 90%，97. 1%的水分浪费于渠道和田间的深层渗漏，变为无效水。这 2. 9%的水分中又有一部分为地面蒸发所消耗。植物吸收利用于蒸腾的水分则占很小一部分。在沙性稍强的沙地上，渠道超过 300 米，机井抽水将全部为渠道所渗漏，已没有灌溉意义，经济上已完全是负效益。

渠道 200 米渗漏已十分严重。据本文材料，桑马房、刘园、北关、柏村四个点的土渠灌溉水分利用系数平均为 26. 20%，北关最高为 39. 8%，刘园最低为 15. 8%。可见，土渠灌水在沙地上利用率极低，极大地浪费了水资源，同时也大大地浪费了能源、人工、时间，严重延误灌溉时机，降低灌溉质量。由于浪费大，单井控制面积小（仅 60 亩），增加了建井数的井电费用。还淋洗了耕层的肥分和矿物质，造成土壤退化。在今天水电设备、劳力等价格猛升、时间更为重要的情况下，沙地土渠灌溉应坚决废止。

在沙地上消除渠道渗漏就是改进灌溉技术，是提高水分利用系数最主要的措施之一。

（二）低压管道输水灌溉

用埋入地下的塑料管道代替土渠把水输至田间出水口进行地面畦灌的方法。该技术在我国始于 70 年代，目前正在北方有条件地区推广。其主要优点是基本消除了干支渠道的严重渗漏与蒸发损失，渠系有效利用系数可达 96%，与土渠灌溉相比有显著的节水、节能、省地、省工、省井，快速省时，适应性强，便于管理，易推广等优点，特别适宜在沙地上推广。因土渠换了管道输水系统，故一次性建设投资比土渠灌溉要高，但比喷灌、滴灌要低。近年价格，百亩管道设备及施工需 1 万元左右（1992 年春百亩管道价格 6000 元），不包括平地、打井配电、线路、变压器等内容。但其节能、省工、省井、省地，及时灌溉，提高作物质量产量的效益总值就超过管道设备投资的一半，另一半可通过林果初期间作收入来补偿。其经济效益和社会效益非常显著，近年在永定河沙地上已大面积推广。

根据本文材料，低压管道输水灌溉比土渠灌溉，百亩沙地全年节水 1. 39～5 倍。其中果树地节水 25 000～52 800 立方米，为 2. 95～5 倍。小麦节水 35 860 立方米，为 1.39 倍；节电 1.43～2.69 倍，为 2 500～7 000 度。其中果树地节电 2 600～7 000 度，为 2.36～2.69 倍，小麦地节电 5 000 度，为 1.43 倍；省工 72～303个，为2.75～3.78倍，其中果树省工72～165个，为2.75

表 1　永定河沿岸百亩沙地灌溉成本一览表

序号	地点作物种	灌溉方式	灌水一遍需时（天）	亩均灌水量（米³）	灌水量（米³）	亩均耗电量（度）	耗电量（度）	亩均用工（个）	用工量（个）	株均(米²)灌水量（斤/株．米².次）	提水千吨耗电（度）	年灌水次数	全年用水（米³）	全年耗电（度）	全年用工（个）	省地 %	备注
1	大兴桑堡果树	土渠灌溉	15	144	14400	19.8	1980	0.45	45	6477	137.5	5	72000	9900	225	0	用工多，灌时长
2	固安刘园果树	土渠灌溉	6.2	60	6000	6.8	675	0.19	18.6	2726	112.5	5	30000	3375	93	0	灌量过大，1井控
3	固安北关小麦	土渠灌溉	16	154.5	15450	21.2	2124	0.96	96	463.3/米²·次	137.5	4	60800	8496	384	0	制60亩，灌一遍
	固安柏村林草间作	土渠灌溉	29.3	231.7	23170	31.6	3158	0.88	87.9	8337.6/12米·次	136.6	春一次					10天，勉强可行
5	大兴桑堡果树	低压管道输水	4	38.4	3840	5.9	591	0.12	12	1725	154.0	5	19200	2955	60	1.16	灌量过
6	固安刘园果树	低压管道输水	1.4	10	1000	1.8	183	0.04	4.2	454	183.0	5	5000	915	21		大，应控制
7	固安北关小麦	低压管道输水	6.7	63.6	6360	8.8	87.5	0.20	20.1	190.7/米²·次	137.6	4	25440	3500	80.4	5	在40～50米³/亩
8	固安柏村林草间作	软塑管输水	7.53	59.64	5964	8.1	813	0.23	22.6	2145.6/12米²·次	136.6	春一遍				0.8	以内
9	固安农专果树	滴灌	0.5	2.66	266	1.0	98.2	0.015	1.5	梨192 桃96	369.2	10	2660	982	15	1.16	包括生活用水
10	固安华达果树	滴灌	0.33	2.64	264	0.8	80	0.01	1	96	303	10	2640	800	10	1.16	包括生活用水
11	大兴种羊场小麦	喷灌	3	31.13	3113	21.6	2162	0.15	15	93/米²·次	693.9	4	12452	8648	60	4.9	

表 2　永定河沙地不同灌溉方式的效益比较(百亩沙地全年或全生育期)

序号	地点作物种	比较内容／灌溉方法	节水效益 耗水量(米3)	节水量(米3)	耗水比	节电效益 耗电量(度)	节电量(度)	耗电比	省工情况 用工量(个)	省工量(个)	用工比	省井情况 单井控制面积(亩)	应打井数(口)	省井数(口)	省地%	灌一遍时间(天)	备注
1	大兴桑堡果树	土渠灌溉	7200	0	3.75	9900	0	3.36	225	0	3.75	60	1.67	0	0	15	管道系统及施工,90年价格1万元
		低压管道输水	19200	52800	1.00	2955	6945	1.00	60	165	1.00	130	0.76	0.91	1.16	4	
2	固安刘园果树	土渠灌溉	30000	0	6.00	3375	0	3.69	93	0	4.42					6.2	二种方法灌水量均显偏低
		低压管道输水	5000	25000	1.00	915	2460	1.00	21	72	1.00					1.4	
3	固安北关小麦	土渠灌溉	60800	0	2.39	8496	0	2.43	384	0	4.78	60	1.67	0	0	16	二种方法灌水量均显偏大,深层渗漏严重,全生育期灌水4次,管道设备及施工,87年价格8200元左右
		低压管道输水	25440	35360	1.00	3500	4996	1.00	80.4	303.6	1.00	120	0.83	0.84	5	6.7	
4	固安柏村林草间作	土渠灌溉	23170	0	3.89	3158	0	3.89	87.9	0	4.00				0	29.3	软塑管300米,92年价格300元,仅春灌一次
		软塑管输水	5964	17206	1.00	813	2345	1.00	22	65 9	1.00				0.8	7.5	
5	固安农专	土渠灌溉(桑堡)	72000	0	27.07	9900	0	10.08	225	0	15.00	60	6.7	0	0	15	
		低压管道输水(桑堡)	19200	0	7.22	2955	0	3.01	60	0	4.00	130	3.1	0	1.16	4	
	果树	滴灌	2660	69340			8918			210				5.7			滴灌设备及施工,
				16540	1.00	982	1973	1.00	15	45	1.00	400	1.0	2.1	1.16	0.5	86年价格1万元
6	固安华达	土渠灌溉(桑堡)	7200	0	27.27	9900	0	12.38	225	0	22.50	60	6.7	0	0	16	
		低压管道输水(桑堡)	19200	0	7.27	2955	0	3.59	60	0	6.00	130	3.1	0	1.16	6.7	
	果树	滴灌	2640	69360			9100			215				5 7			滴灌设备,89年价格3万元
				16560	1.00	800	2155	1.00	10	50	1.00	400	1.0	2.1	1.16	0.33	
7	大兴种羊场	土渠灌溉(北关)	60800	0	4.88	8495	0	0.98	388	0	6.47	60	4.2	0	0	16	
		低压管道输水(北关)	25440	0	2.04	3500	0	0.40	80	0	1.33	120	2.1	0	5	6.7	
	小麦	喷灌	12452	48348			−144			328				3.2			喷灌设备,90年价格2.93
				12988	1.00	8640	-5140	1.00	60	20	1.00	250	1.0	1.1	5	3	万元,(固定式)

～3.42倍；小麦省工303个，为3.78倍。百亩可减少打井0.84～0.91眼，节约土地1.16～5%，增加了作物种植面积。灌水一遍土渠需6.2～29天，低压管道只1.4～7.5天，省时4.8～22天，对于及时满足作物对水分需要，促进生长，提高产量质量有重要作用。该技术的上述优越性将全部转化为经济与社会效益，促进了沙地的开发与集约经营，但从沙地灌溉上分析，尚存在着地面蒸发与田间过量灌水造成的深层渗漏问题，有待解决。

（三）地面软塑管输水灌溉

在无力设置或无处购置低压管道时，可用软塑管来代替，在地面输水灌溉。用时安装，浇水后收回保存备用，可起到与低压管道同样的灌溉效果。其优点是除平地外不需特殊的田间工程，省去了管道设备和安装施工所需的大量一次性建设资金，这是其最大优越性。软塑管价格低廉，1992年初价格是1元1米（4寸口径），灌300亩沙地有300米软塑管就可满足，费用也只300元，为最廉价而有效的节水灌溉方法。主要缺点是：（1）耐用性差，只能使用一年。（2）管壁易为地上硬刺状物所扎破（如硬草棍、蒺藜刺等）。主要问题是当前软塑管质量还不够理想，生产上急需经久耐用又比较价廉的软塑管。在偏远落后经济不发达的沙区，此法是比较理想的节水措施。若用拖拉机或柴油机代替电动机抽水，整个电力系统（电动机、线路、变压器等）均可省去。再加上覆盖等节水措施及科学管理，就成为最经济的节水灌溉系统。

在消除渠道的渗漏及蒸发以后，需要解决的下一个问题是如何消除田间的深层渗漏与蒸发，进一步提高水的利用率。

（四）喷灌

是水在较高压力下通过管道达到按一定距离安装在管道上的喷头上，象下雨一样喷洒在地面上达到灌溉的目的。

喷灌始于19世纪末，20年代前仅限于蔬菜、苗圃、果园。40年代以后用于大田。由于材料工业的发展，喷灌发展很快，1960年全世界喷灌面积达3750万亩，1978年超过1.5亿亩，在一些国家几乎全部采用喷灌。建国以后我国开始研究，仅用于蔬菜，1958年曾

掀起高潮。

其优点很多：首先是灌溉效率高，水分利用系数达到或超过75%，可大幅度节约用水，沙壤可省水70%以上。据本文材料，百亩小麦喷灌全生育期比土渠节水4.8万立方米，比管道节水1.3万立方米；比土渠节水4.9倍，比管道节水1倍。其次便于严格控制土壤水分和湿润深度，可完全避免过量灌水，不产生深层渗漏和土壤侵蚀，不会导致渍化。最有利于保持土壤肥力和补充的养分。(3)有利于改善田间小气候，提高田间空气湿度，冲去茎叶灰尘，利于呼吸和光合作用，能提高产量。(4)喷灌适用于多种田间条件，对平整土地无严格要求。(5)浇水、施肥、打药可一次完成。(6)具有节约劳力、少占耕地、快速省时、省井省工等诸多优点。据本文材料，百亩沙地喷灌比土渠灌溉省工328个，为5.47倍，比管道省工20个，为0.33倍；比土渠省5%或更多的土地，可用来种植作物；百亩灌溉3天完成，比土渠快13天，比管道快3.7天，这在干旱季节对抗灾和保证作物生长有很大意义。喷灌单井可控制土地250亩，比土渠省井3.2眼，比管道省井1.1眼。

然而喷灌也有如下缺点：

(1)一次性建设投资高。大兴种羊场固定式喷灌系统1990年每亩投资为293元(不包括平地、打井、电力增容、变压器)，是限制推广的主要原因。但采用半固定或移动式喷灌可大幅度节省资金，移动式喷灌1993年夏(百亩小麦所需成套设备)为1.6万元。

(2)耗能高。喷灌需要较高的工作压力，运行耗能高。喷灌百亩小麦，耗电比管道多1.5倍，且略高于土渠，是各种灌溉方式中耗能最高的，这在我国电价贵而又不断上涨，农村用电又无保证的情况下是一个不容忽视的问题。移动式喷灌可大幅度降低用电量。喷灌还有：受风的影响大，3级以上的风不能作业；蒸发损失大，干旱时可达10%，植物拦截可达5%。表土湿润多，深层湿润常不足。

喷灌有效地防止了深层渗漏，但仍存在地面蒸发问题。

(五)滴灌

是将具有一定压力的水通过滴灌系统从滴头一滴一滴进入植

物根层土壤的灌溉方法。滴灌最适合沙地使用，尤其在沙漠地区有显著优越性。其优点是：

(1)滴头以 2～10 升/时的速度向植物根层供水，形成点水源，每个点水源在土壤中形成葱头状湿润区，因此不需要严格平整土地。

(2)各滴头流量相等，供水均匀，毛管距离(行距)、滴头距离(株距)，可根据需要调节。可以任意时间和间隔供水，能形成最有利于植物生长的水分条件。具有作物产量高、质量好、成熟早和成熟一致等显著特点。

(3)滴灌是利用盐水灌溉的唯一方法，这在高盐水地区(沿海、干旱区)有特殊意义。

(4)滴灌除不产生深层渗漏，在地面形成的湿润区也很小，且几乎全在阴影之中，所以表土蒸发量很小，可谓基本消除了地面蒸发。大部分水分消耗于蒸腾作用，是最节水、最理想的沙地灌溉技术。据本文材料，滴灌比土渠灌溉节水 26 倍多，比管道节水 6 倍多，百亩果树年灌水仅 2600 多方，在沙地开发中有重大意义。

(5)滴灌系统可同时完成供水、施肥甚至打药的任务。

(6)滴灌所需要的工作压力低，又最省水，所以耗能最少。据本文材料，滴灌比土渠节电 9～11 倍，比管道节电 2 倍多。因此年运行费最低。滴灌控制面积大，灌溉速度最快，具备最省井、省工省时的优点。滴灌一井能控制 400 亩，比土渠灌溉可少打井5.7眼，比管道少打井 2 眼，现在打一眼井要 1 万元；滴灌百亩果园浇水一遍需 0.33～0.5 天，是灌水速度最快、最省时省工的灌溉方法，比土渠省工 15～22 倍，比管道省工 3～5 倍。即使加上检查处理堵塞等事故用工，仍然是最省工的。滴灌不占地面耕地，不影响地面作业活动，具有最佳的灌溉效果。有关专家多年研究与实践证明，几乎所有的果树、蔬菜、花卉、草莓等都适合滴灌。大田作物因其收益较低，过去使用较少，工业的发展及农副产品价格的调整，今后可能会有很大变化。

滴灌也存在如下缺点：

(1)一次性建设投资较高。据固安农专实验场材料,滴灌系统设备(机房设备、各类塑管、滴头、三通等)1986 年价格百亩设备 7200 元,包括施工费计 1 万元。固安华达(沙地开发实验农场)材料,1989 年滴灌设备每亩平均 200～300 元。

(2)滴灌的普遍问题是滴头易堵塞,检查处理较费事,且对水质要求较高。滴头堵塞是其普遍存在的问题,但并非不能使用,也并非不能处理。固安农专实验场 7 年来滴灌系统一直处于良好应用状态。只是田间老鼠找水经常咬坏毛管造成麻烦。每年春天使用之前要进行检查维修,解决堵塞咬管等问题。滴头堵塞原因很多,有生物沉淀堵塞、化学沉淀、络合物及泥沙堵塞等,对水质有较高要求,不合要求的水应先进行处理,而后滴灌。这些都应重视。随着科学技术的发展,彻底解决堵塞问题可能为时不远。滴灌在沙地开发中必将得到大发展。

在上述各节水灌溉系统中,如电力昂贵或财力不足,可用柴油机、拖拉机代替电力能源,在灌溉系统中既可省去电力设备(电机、线路 1 公里 2000 元,变压器 1 亩平均 50 多元,1992 年春固安价格),又可节省生产中的耗电费用。

在沙地开发中,除采用节水灌溉技术,地面上应采取相应的减少蒸发的措施,如各种材料的覆盖。同时针对不同作物、不同生育期和土壤特点制定科学的灌溉制度。在管道和软管输水灌溉系统中,应加强管理,变长畦宽畦为窄而短的小畦,以长 50 米,宽 3 米,面积在 150 平方米为宜,畦内要平,以提高灌溉质量,这些也应是节水措施中的必要内容。

在上述各项灌溉方法中,土渠灌溉水分利用系数最低,水资源浪费最严重,且浪费能源、人工、时间、土地,增加了打井数,灌溉质量差,尽管不需较大的一次性投资,在沙区也应该坚决地逐步淘汰;低压管道输水灌溉消除了各级渠道的严重渗漏与蒸发损失,且具有显著的节水节电、省时省工省并省地等效果,灌溉质量好。尽管还存在着田间渗漏与蒸发,但一次性建设投资较低,比较适合或接近当前农村的经济水平,适合大面积推广;具有与低压管道同样

效果的软塑管输水灌溉由于价格最低廉,适合于边远和贫困沙区推广;喷灌消除了渠道的渗漏与蒸发,也消除了田间的深层渗漏,节水效果优于低压管道,适宜沙地使用。但其一次性建设投资高,尤其是每年的运行费用高,应在果树、蔬菜及其他高值作物上使用。滴灌既消除了各级渠道的渗漏与蒸发,也消除了田间的深层渗漏与大部分地面蒸发,是当前沙地上最理想的节水灌溉技术。它有最好的灌溉效果,具有省水、电、工、时、井、土地的最好效果及最低的运行费用。只是一次性投资较高,应在有条件的沙区及干旱区推广,是沙地上最有前途的节水灌溉技术。

附 1992 年春固安水电设备价格:

机井	3000 元/井(现 1 万元)	控制 120 亩	亩均 25 元
线路	2000 元/千米		
变压器	50 千伏安可控制 7 井=840 亩	5 万元	56 元
潜水泵	1500 元		
低压管道(4 寸塑管)	包括接头,出水口	10 元/米	60~80 元
平整工地粗平			50 元
细平			80~100 元

自然冷能淡化苦水

张津生　傅　蓉

（中国科学院兰州冰川冻土研究所）

一、概　述

沙漠地区，交通不便，远距离供水，成为沉重负担。所以沙漠地区的经济 开发，主要取决于可供水量。随着沙产业的开展，供水问题必将成为一个控制性因素。实际上，沙漠地带往往有丰富的浅层地下水，一般矿化度较高，成为难以利用的苦、咸或碒水（以下统称“苦水”）。依赖专用苦水淡化装置提纯水，耗用动力能源，代价昂贵。为此所需燃料的运输，也是一大负担。内陆沙漠地带昼夜温差及季节温差均较大，意味着巨大能量的存在。若能作为处理苦水等劣质水的动力，可以获得廉价的淡化水。这对于开展沙产业，促进沙漠地带经济发展，无疑具有重大意义。

目前普遍采用以自然环境作为冷凝器，提高热源温度（燃烧煤炭或石油、利用太阳能升温等）法来获得热能，从而使热机运行。按照热 力学第二定律，提高热源温度与降低冷凝器温度同样都是提高热机出力的有效途径。这就是说，降低冷凝器的温度，也能获得有效能量。

随着人们对能源的需求越来越大，各种节能技术迅速推广。节能对象大多是以自然环境为冷却源的余（废）热，属于低温差低温热源。通过对这种低品位热能的回收，不由得使人联想到，出于自然环境温度变化所导致产生的大量低温差低温热能，能否也

加以利用。

为了与一般热能概念有所区别，我们把自然环境中常温态下存在着的各种低温差低温热能称为“自然冷能”或简称为“冷能”。

本文目的在于确定有关机理，为实际应用奠定基础。

二、沙漠地区的自然冷能

由于海水具有较大热容量，能够对气温起调节作用，所以在西欧、北美低平原海洋性气候地区，昼夜及季节温差都比较小。我国地处欧亚大陆暖温带，从青藏高原到东南沿海，幅员辽阔。内陆地区冬季迅速降温，夏季迅速升温。结果冬季受东西伯利亚季风影响，气温较低；夏季受海洋季风影响，气温较高，形成四季分明。由南到北，从亚热带气候向寒区气候过渡，多数地区属于大陆性气候，昼夜温差变化 大，夏季炎热，冬季寒冷。尤其是在沙漠及戈壁地带，这种气候特征格外突出。以塔里木沙漠北缘为例，1992 年年均气温 11℃，最高可超过 40℃，最低气温接近 −23℃；地表最高温度在 70℃以上，最低可达 −27℃以下；昼夜气温温差一般接近 20℃。昼夜与季节气温的较大差别，导致地表温度的更大变幅。这些温差意味着在沙漠地带利用自然冷能，具有更有利的条件。

目前国外对自然冷能的利用，初具基础。典型实例是关于热泵的开发应用。热泵的特点是依靠输入少量能量，获得较大能量，能回收大量的低温差、低温热能，是一种有效的节能工具（回收低品位热能），已进入商业化阶段。除太阳能热泵以外，国外利用气温、地温、水温自然冷能的热泵均有。在我国，常用热泵主要是利用气温的窗式空调，可以说是自然冷能实用化的标志。

自然冷能随处 存在，具有几乎不受天气影响的优点，利用过程也绝不会导致产生环境污染。其利用的可行性取决于投入与运行成本，也就是说，直接与温差相关。适合于幅员辽阔、经济欠

发达地区，尤其适合我国国情。

随着自然冷能研究的不断进展，针对我国国情，中国科学院兰州冰川冻土研究所冷能研究组相应进行了一系列应用基础研究及推广工作。事实表明，在我国开展冷能的利用，大有可为。我们认为，在沙漠与戈壁地带，因地制宜开展冷能利用，可以作为淡化苦水的廉价能源。

三、利用自然冷能淡化苦水的机理

迄今为止，自然冷能 利用，主要采用热能利用，即“焓利用”的方式。尽管这种热能品位较低，但处于人烟稀少的戈壁、沙漠地带，集（散）热面积可以不受任何限制，蓄能工质随地取材，取之不尽，所以具有实施冷能利用的良好条件

（一）冷能的收集

利用自然环境的高（或低）气温条件时，首先必须将热能集中传递向蓄能工质。在这个过程中，一般利用热管传热的单向性达到目的。

最简单的热管就是一根密封的真空管，内部装有传热工质。当一端受热后，工质蒸发并在另一端放出潜热冷凝，重新变为液体。当液体工质返回受热端后，又重新吸热蒸发，将热量带往冷端。如此不断循环，热量就源源不断地从热端传向冷端。若热管中液体工质靠重力或者离心力等流回热端，这种热管就称为“热虹吸管”。无疑，热虹吸管造价最低。

在热虹吸管的传热过程中，一旦冷端环境温度等于或者高于热端环境温度，传热过程就自动中断，热量不能重新从冷端传回热端，这就是热管传热的单向性。当我们在沙丘上插人热管时，沙丘内部热量就通过热管向大气环境散发，我们就获得了所需冷能。当大气环境温度高于沙丘内部的沙温时，由于热管的单向传热性，外部环境热量不能通过热管重新传入地下，从而使热管附近的较低沙温得以保持。

（二）能量的蓄存

当沙中富含水分时，由于水的比热及相变热（潜热）均较大，沙层就具有较大蓄能能力。通过热管将热量向大气环境散热，使沙丘内部富水沙层降温。在其表面覆盖隔热材料，防止外部环境热量传入，已获得的自然冷能就得以保持。

由于沙的保水性极差，所以事先得将干沙作一定的工程处理，使其具有足够的持水性后，它就成为真正的蓄能沙。例如，一般沙丘沙的干容重在1.3～1.6g/cm³之间变化，比重约在2.62～2.7之间，流动沙丘沙在自然态下含水量极低，为0.20%～0.8%，比热约为80J/9.K，相应热容量约为1.16～1.22J/cm³.K；若处于饱和含水状态，热容量增至3.05J/cm³.K；而一旦饱水沙温降至冰点以下，其总热容能力将增至37J/cm³.K以上。

自然态干沙的导热率一般较低，普遍在0.003～0.004W/cm.K，可以视为廉价的隔热材料。在蓄能沙层表面覆盖足够厚的干沙，完全可以代替昂贵的工程隔热材料。

戈壁沙漠地区，沙材是取之不尽的。方法适当时，可利用沙漠地区一般的苦水、咸水制作蓄能沙。由于各项材料均可就地取得，所以制作蓄能沙层的工程费用可以降到最低。若蓄能沙层内埋设换热排管，就构成了一个大型地下冷凝器。

（三）系统的构成及运转

如上所述，我们可以简单地在沙漠地带建立起集热与蓄热系统。沙漠地区气温及地表温度变幅较大，使浅层地下水暴露或泵至地表，利用白昼较高的气温与地温作热源，可以促使浅层地下水蒸发。若将水蒸汽收集并导入前所说的地下冷凝器，水蒸汽冷凝析出，就可以得到比较纯净的淡水。

在水汽冷凝的同时放出大量气化潜热，这些热量被温度较低的蓄能沙层所吸收，沙温逐步升高，直至接近气温时，水蒸汽停止冷凝。当夜晚气温下降，热管又把地下的热量传出并散往大气中，蓄热沙的温度也随之下降，直至接近环境气温时，热管自动停止工作，冷凝器重新具备运行条件。在这个过程中，只要地温

高于气温，热管就会自动回复工作，使蓄能沙层降温；同样，只要地下冷凝器温度低于环境气温，就会促使水蒸汽凝结。如果整个系统的工作是以昼夜气温变化为基本依据，称作“日循环”系统。若利用冬夏温差进行工作，相应可以称作“年循环”系统。年循环淡化水系统工作相对稳定，出水量大，但工程量及投资也大。

值得一提的是，本系统主要投入在热管方面。当需要转移场地或需要停止利用冷能淡化水时，简单地将热管拔出即可。原地的蓄能沙层弃置不用也无需处理，丝毫不会产生环境污染问题。

如果综合利用各种能源，可以提高系统的效率。例如，只增加少量投入，利用太阳能加速水分蒸发，可以大幅度提高淡化水的出水率。

（四）效益

按照每天热管工作及水分蒸发的时间均为 10 小时，蓄热沙与环境气温间平均温差 10℃计，平均每支热管每天约能产生淡化水 3～10 升的效果。

一台每天产出 40 吨淡水的国产苦水淡化设备，售价上百万元。考虑到苦水淡化设备使用寿命，大约只有两年，而且耗费电量大，所以运行成本高昂（平均每方水代价为 6～8 元）。以每天产出 1 吨淡水为产出单位计，每单位出水能力的一次性投资为每年 1．1～1．5 万元以上。

热管造价按 120～180 元/支计算，仍以每天产出 1 吨淡水为产出单位计算，利用自然冷能淡化水系统的单位投入至少应为 1．5～2．5 万元。与常规淡化水装置相比，一次投资偏高。但本系统运营成本很低，而且热管的寿命长可达 12～20 年以上，只按 10 年计，每单位出水能力的一次性年均投资还不到 0．3 万元，远低于苦水淡化设备。

若有详细的气温与地温资料，工程费用可以降低。当热管批量生产，成本降至每支 100 元以下时，整个系统的性能价格比将优于任何常规方法，可以取代传统昂贵的苦水淡化装置，所以本系统具有很大潜力。当务之急在于，开展相应现场实验研究工作，

取得优化设计经验，为实用化奠定基础。

开展本项研究，所需条件并不高，投资也不大，大约需要 10～15 万元工程实验经费。

结　论

1. 利用自然冷能淡化水，无污染、无噪音，运行成本低廉，具有良好实用前景。

2. 为了使冷能淡化水技术实用化，应尽速开展相应研究。

沙产业大有所为　硅砂砖前途无量

——关于内蒙古哲里木盟开发硅砂砖的调查

景　爱

（中国文物研究所）

沙漠化被列为世界十大环境问题之首，它给人类造成了巨大的危害，是影响人类社会发展的重大灾难。因此，沙漠化引起了国际社会共同的关注。联合国多次举行国际沙漠化会议，中国政府也非常重视治沙工作，自50年代以来，国务院多次举行治沙工作会议，商讨治沙防沙的对策。中国的专家学者，自50年代以来即致力于沙漠治理的研究，取得了巨大的成就，在国际上享有盛誉。中国当代最卓越的科学家钱学森院士，在1984年首次提出沙产业理论，为治沙工作指出了新的方向，在学术界引起了强烈的反响，许多专家学者为实现沙产业的伟大目标献计献策。本次学术会议的召开，有各方面的专家学者与会，充分说明了钱学森院士的沙产业理论，取得了学术界的普遍接受和赞同。可以预料，通过本次会议的召开，沙产业理论将更加深入人心，为全社会所接受，将成为人类社会发展的重要里程碑。

在钱学森院士沙产业理论的影响下，中国北方沙漠化地区在开发利用沙资源方向，曾进行了种种的尝试，硅砂砖的生产，便是其中最成功的一例。笔者以研究沙漠化的过程中，曾于1991年，1993年两次调查了解内蒙古哲里木盟开发硅砂砖的情况，发现他们的尝试相当成功。他们的做法很值得重视，可以在全国沙漠地区推广。

哲里木盟在内蒙古东部，科尔沁沙地横亘其间，给当地人民的生活造成了极大的危害。当地蒙族人民将科尔沁沙地称作“塔敏查干”，即魔鬼居住的地方。如何改造治理沙漠，战胜魔鬼，成为各族人民共同的心愿。当地粘土缺乏，粘土砖生产长期出现粘土不足的困难，与农业耕种出现了争土的 局面。为了解决这个矛盾，他们引进德国的技术，大胆地进行开发硅砂砖的尝试。硅砂砖是以沙漠沙为主要原料（占 84%～88%），以生石灰为辅助原料（占 12%～16%）的一种新型建筑材料，适于在沙漠地区生产。

最先试制硅砂砖的厂家，是奈曼旗硅酸盐制品厂。这是一家乡镇企业，1988 年正式投产，试制出第一批硅砂砖。其规格、型号与普通的粘土砖相同，售价与粘土砖相同。虽然硅砂砖的强度可以达到部颁标准 100#、150#以上，比粘土砖（75#）要高得多，但是人们受传统习惯的影响，最初对这种新型建材的性能表示怀疑，不敢用硅砂砖建筑居民房屋，只用于砌筑厕所、猪舍、围墙。经过一段使用，人们发现砌筑厕所、猪舍的硅砂砖，要比粘土砖结实得多，具有良好的抗碱性；用硅砂砖砌筑的围墙，也比粘土砖结实，在风雨的侵蚀下巍然不动。在事实的面前，人们很快地改变了对硅砂砖的认识。自 1992 年以来，人们开始用硅砂砖修建居民房屋，并建筑了多层的住宅楼和办公楼。1993 年笔者第二次到奈曼旗调查时，发现旗内出现了一大批用硅砂砖建筑的楼房。旗法院、气象局、农业银行、新华书店、城建局房产开发公司、广厦房地产开发公司、锅炉安装公司 的办公楼，都是用硅砂砖建筑，最高的达 4～5 层。人们看到用硅砂砖砌筑的办公 楼平安无事，于是放下心来，竟相购买硅砂砖修建房屋，在大沁他拉镇的街头，到处都可以看到用硅砂砖砌筑的房屋。

硅砂砖的特点是强度大，抗压力强。人们发现硅砂砖的这个特点以后，进一步扩大硅沙砖的使用范围，用硅砂砖铺甬路、人行道和马路牙子。大沁他拉镇最大的露天市场，整个地面都是用硅砂砖铺设。虽然每天都有成千上百的顾客在这里践踏，却依然完好如新，没有出现磨损现象，要比粘土砖耐磨得多。

由于硅砂砖强度高，耐盐碱腐蚀，而当地又是多盐碱的地区，于是硅砂砖又成为砌建筑物基础的好材料。与基础常用的毛石、砾石相比，硅砂砖不仅成本比较低，而且防震的效果也比较好。据了解，旗农业银行的办公楼、桥和乡五福堂修建的商品楼，整个基础都是以硅砂砖砌筑。奈曼旗建筑设计室夏文举工程师认为，硅砂砖是铺设公路路 面的理想材料，具有很好的发展前景。他提供的资料表明，如果用硅砂砖铺设路而要比水泥路面、沥青路面便宜得多。厚 15 厘米的水泥路而，每平方米的造价为 70～80 元，若以硅砂砖铺设，每平方米的造价只需要 6 元，仅是水泥路而的 7．5%～8．6%。

奈曼旗硅酸盐制品厂生产的硅砂砖，在开发三、四年以后，便从滞销变为畅销，很快占领了建材市场，代替了粘土砖。在笔者考察这家工厂的两三个小时中，看到运输硅砂砖的汽车、拖拉机、马车络绎不绝，说明购砖的客户很多。由于硅砂砖的销路看好，这家工厂已转亏为盈，1993 年可以实现利润 33 万元。由于硅砂砖供不应求，这家工厂正准备修建新的车间，扩大生产能力，以满足市场的需要。这家工厂正在与有关的研究单位合作，研制硅砂瓦的生产。如果硅砂瓦能获得成功，将为沙漠的利用开拓出一个新的方向

奈曼旗对硅砂砖的成功开发，在哲里木盟产生了很大的反响。在他们的影响下，科左后旗在 1992 年也建立了一家硅砂砖厂。这家工厂从德国引进自动化生产线，设计能力为年产 4000 万块，共有 3 个规格 5 个品种。年产值可达 456 万元，利税 220 万元。产品除本地销售外，还远销大连、满洲里等地。由于资金不足，厂房狭小，关键设备蒸压釜露天作业，热量的损耗比较大，冬季有 5 个月不能开工生产，每年实际生产的时间只有 7 个月。如果冬季有厂房连续生产，其产值和利润还可以大大提高。

硅砂砖属于新型建材，有很好的发展前途。笔者走访了国家建材局，据国家建材局有关负责同志讲，1992 年 11 月 9 日国务院批转了国家建材局、建设部、农业部、国家土地局提出的加快墙

体材料革新的报告，要求在“八五”计划期间，大力开发推广新型墙体建筑材料，以节省土地资源。要求逐步减少粘土砖的生产，限制粘土砖的使用范围。为了支持新型建材的开发，明确规定对于新型建材可以免征增值税和土地使用费，对粘土砖的生产则征收附加税。硅砂砖是新型建材，按照上述政策，属于粘土砖的替代产品，具有远大的发展前景，它不仅可以节省土地资源，又可以“化废为宝”，从治沙的角度来看，为开发利用沙漠开辟了一条新的途径，成为沙产业的一个重要方面。

沙产业应当是一个比较广泛的概念，以高科技利用太阳能生产各种生物产品，固然是沙产业的主要目的。同时也应当开发沙漠沙的利用，使沙漠成为可以制造产品的重要资源。硅砂砖只是沙漠沙最初级、最简单的产品，如果运用高科技的手段对沙漠沙进行 开发利用，也许会出现惊人的奇迹，获得意想不到的成果。因此，在制定沙产业研究规划的时候，应当将沙漠沙的开发利用列为重要内容。这样，可以使钱学森院士提出的沙产业，更加广泛和充实，让沙漠为人类做出更多的贡献。

论沙漠冷能及其应用前景

张津生　傅　蓉

（中国科学院兰州冰川冻土研究所）

一、概　述

由于经济的发展，对能源的需求越来越大。随着矿物能源供应日趋紧张，也出于环境保护的需要，太阳能、风能及核能已成为重要能源。同时各种节能措施也越来越被人们所重视，对于各种低温差低温热能（又称“低品位热能）的回收与应用，例如工业余（废）热利用技术迅速发展。国外甚至将节能技术措施称为“第五能源”。通过对低温差低温热源的利用，使人不由得提出一个新问题，即由于自然环境温度变化所导致产生的大量低温差低温热能，能否也加以应用。若能使之实用化，则它将成为取之不尽，用之不竭，廉价而且又无污染的能源。

为了与一般热能概念有所区别，我们把常温态下存在着的这种低温差低温热能称之为“自然冷能”或简称为“冷能”。

近年来关于冷能利用研究已引起国内外愈来愈多的专家关注，并作了许多相应工作。热泵的研究与实践结果表明，冷能不只是作为一种潜在的能源引人注目，而且具有极大实用价值。同时，冷能利用也是节能降耗、提高效率、降低成本、增加效益的有力措施。例如上述工业余（废）热，由于大多向大自然环境中排放，所以其中的很大部分仍然属于自然冷能范畴。可见冷能利用研究成果可以广泛应用于工业、交通、农业、能源、环保等各

个领域的生产及工程建设中。

我国商周时代即有冬季取冰存于冰窖，直至夏季使用的记载。1942 年热管技术专利的出现[1]，开辟了高效传热的新途径。但真正的应用则始于本世纪 60 年代的专利[2]及相应报导[3]。1963 年召开的首届国际冻土学术会议上已有关于利用自然环境低气温保持地基冻结状态的论述[4]。前苏联于本世纪 60 年代也已有利用冷能保护多年冻土的热桩装置[5]，或在沼泽地区制作人工冻土解决交通困难，甚至用以延长河面的结冰期（使河面提前冻结或者推迟解冻期，从面为交通部门提供方便）等。最有名的利用冷能解决冻土地区工程问题的实例要属美国的阿拉斯加输油管路[6]。针对通过多年冻土带有架空输油管道基础部分，工程师们设计了一种大型热管，利用冬季的寒冷气候条件散热降温，促进地基冻结，有效防止基土融化下沉 ，从而保证输油管路安全运行。起初也把这种热管降温装置称为“冷锚”（Cryo—anchor）。

多年冻土地区，利用自然冷能保持地基的冻结状态至关重要。例如青藏线上许多房屋由于采暖造成基土融化下沉，以致房倒墙塌，无法使用，若在基础部位适当加装热管，利用冷能保护地基，只增加少量投资即可以避免破坏。同样方法用于缓解桥涵工程建筑物的 冻害，可以减少很多经济损失。我国在青藏线也已开展相关的实验研究[7]。

受此启发，各国研究人员着眼于将自然冷能作为一种能源，进行实用化研究。在这方面，比较典型的应推日本。

经过约 10 年的试验研究，1986 年以日本清水建设株式会社为首的几家公司正式建成了世界上第一座热管换热式、利用自然冷能实施制冷的实验冷藏库[8]。观测结果表明，达到了预计效果，截至 1988 年，又在日本建成 7 座类似冷藏库。这些冷藏库主要用于农副产品及粮食等的贮存保鲜[9]。

我国于 1990 年建成第一座利用自然冷能致冷的“无能耗冷藏库”，该库用于农副产品的贮存实验。

除冷贮以外，很多特殊的集热与散热问题都可以利用自然冷

能加以解决。

当冷能可转化作为动力加以应用时，它就成为一种真正的能源。

二、沙漠地区的自然冷能

宏观地讲，在任意一个特定的时刻，都可以将自然环境维持气温的能力视为无限大。因此，当有自然温差存在时，就意味着存在着一个无穷大的能源。当然，这种能源属于低品位能源，其利用价值取决于获取装置的投入及运行成本，实质上就是取决于温差的大小。

一般采用提高热源温度（例如，燃烧煤炭或石油、利用太阳能升温等）的方法来获得热能，并且将环境气温作为冷凝器散热温度，使热机运行。按照热力学第二定律，提高热源温度与降低余热温度同样都是提高热机出力的有效途径。这就为我们提供了一个启发，即采用降低冷凝器温度的方法，也能获得有效能量。所以，同时充分利用自然环境的高温与低温条件，就有可能获得具有经济利用价值的能量。这就是冷能利用技术的基本依据。自然冷能随处存在，并且几乎不受天气影响，利用过程一般既不排除废气、废渣，也无噪音，因而不会导致产生环境污染，适合于幅员辽阔、经济欠发达的边远地区，尤其适合我国北方地区。如果能够使其成本足够低廉，则冷能利用将具有良好的环境效益、社会效益和经济效益。

我国的沙漠主要分布于北方，特别是西北地区。由于陆地与海洋热容量的相差 悬殊，大陆内部冬季迅速降温，内陆高压冷空气流向海洋，导致来自东西伯利亚的干寒季风控制我国大陆；夏季迅速升温形成高低气压，引导来自海洋的高温暖湿季风吹向大陆内部。结果形成夏季炎热，冬季寒冷，四季分明的气候环境。广袤的沙漠及戈壁地带，气候干燥，缺少植被，这种冷热差异的气候特征特别突出。

与一般地区不同，在沙漠地带，无论冬夏均有较大的昼夜温差。再加上季节温差，对冷能加以利用的可能性就更大。由于地广人稀，能量的获得及储存空间也均充足，所以在冷能利用方面具有得天独厚的有利条件。同时，一般出于交通运输及能源等供应方面的困难，利用自然冷能往往更为经济、合理。

过去这是一个不可思议的幻想，但随着科学技术的进步，特别是近年来的节能技术高速发展，为冷能利用提供了技术条件。例如，国外关于热泵的开发与迅速发展，已达到商业化程度，成为一种节能的有效途径（输入少量能量，获得更多能量）。如果使冷能成为热泵的输入消耗能量，则“无能耗”热泵系统也就可以产生，其效果是不容置疑的，热泵就将超出节能措施 的范畴，自然冷能也就真正成为一种实用能源。

沙漠地区的特殊自然环境，为建立沙产业奠定了基础。同时，沙漠环境也为我们开展冷能利用提供了独特的有利条件。这对于进行沙区开发，特别是开展沙产业，将极为有利[10]。

三、冷能利用的可能性

自然环境的温度变幅有限，所以比起用常规燃烧法获得热能，自然冷能的获得要困难得多。但对于某些特殊环境，除了戈壁、沙漠地区以外，那些矿物能源紧缺且又交通不便、无法供电并且太阳能及风能又不足等地区，尤其是广大农村及山区或边远地区，难以获得常规能源；或者即使获得却也因成本过高，局限性很大的地区，因地制宜、合理利用自然冷能往往能获得特殊的经济效果。

（一）冷能的环境基础

自然冷能的有无、多寡取决于环境温差。温差越大，意味着潜在能量越大。一般把气温季节变化（年较差）大、昼夜气温变化剧烈视为环境条件恶劣的地区标志，其典型代表就是沙漠及戈壁。这种地区经常属于不适合于人类生存的不毛之地或者干脆就是无人区。在这些地方进行野外作业时，柴油（或汽油）发电机

组必不可少，但是代价昂贵，很多困难仍然无法解决。太阳曝晒时，气温高可达40℃以上，夜晚可能降到只有20℃以下。在这种“寒来暑往”过程中，一切常规空调设备效率都将大为降低。想依靠常规方法改善工作环境，且不说成本高低，即使具备设施条件恐怕也难以奏效。如能将白天的酷暑与夜晚的低温在同一时间、同一场所再现，我们就可以耗费常规能源进行空调。进一步，如果能将冬季的低温环境保持至夏季，就可以建成年循环式的无能耗冷藏库。不可否认，在我们利用这种时间差获得廉价能源的过程，必不可免地又得消除这个时间差，也就是说，得具备能够储存所得能量的条件。

比起气温变化，地温相对比较稳定，而且普遍偏于接近气温的低温侧。在利用自然冷能时，虽然储存热量与储存冷量的效果一致，但出于技术经济合理性，利用地温条件储存冷能经常更为有利。具体说来，就是把低气温时所收集的冷量蓄存于大地中，在气温升高时加以利用。当然，条件适合时也可以蓄存热量，以备环境寒冷时利用。

不难想象，实现这个过程首先得具备单向传热条件。

（二）热管技术概要

实行冷能利用，关键在于高效传热及所获能量（冷量）的储存。经常采用热管解决传热问题。

热管能在较小温差下传递较大热量，所以是理想的传热元件。最简单的热管就是一根密封管子，里面装有传热工质并抽成真空。当下部受热后，工质蒸发传往上部，在上部放热冷凝后靠重力返回下部，如此反复循环，热量就源源不断从热端传往冷端。这种自动回流工质的热管也称为“热虹吸管”。由于其结构简单，造价低廉，所以经常被采用。改变管内工质类型，热管可以用于不同工作温度条件。改变形状与结构，热管可以满足多种传热要求，而成为热二极管、变温管、恒温管、热开关管等。它的最大特点是，一旦冷凝端温度升至（或超过）热源端温度后，传热过程自动停止。就是说，传热具有单向性——只能将热量从热源侧传向冷凝

端。当然，实施冷能利用，主要考虑采用热虹吸管。由于热管能在很小的温差下进行大热量传递，所以能够高效地收集自然冷能。

土的传热性能较差，利于保温；若土中含有较多水分，又具有较大潜热（相变热），可以吸收很多能量，是较为理想的蓄能工质。所以，经常利用大地保存所得冷量。

冬季通过热管将土中热量传出并向大气中散发，形成地下冷库（甚至形成人工冻土）。出于热管的单方向传热性，夏季气温高于地温时，自动停止传热，热量不能逆向传回地下，于是土中的相对低温状态得以保持。值得注意的是，热管工作并不只限于冬季。只要库内温度高于外界环境气温，即使温差很小，热管也能立即自动恢复工作，将热量不断传出，从而使库内温度下降。

热管制作过程的最后一道工艺，同时也是最关键的一道工艺是封口工艺。国内外采用传统的压溃法。这种方法必须在热管口端焊接软金属封口管，强度较低。尽管专用设备工艺过程严格，但还是难免漏气，甚至导致前功尽弃。即使成功，也仍难以保证密封质量。中国科学院兰州冰川冻土研究所的研究人员对热管封口工艺进行了实质性改进（该方法已获得国家专利），不但可以省去传统压溃法所需的昂贵进口设备，而且免去异种金属间焊接工艺，所以封焊质量易于保证。这种新方法可以有效地避免漏气，操作简便，封口之后也可以打开重新封焊。所以能够最大限度地降低废品率，同时也为修复、再生热管甚至原位调整或更换热管内工质提供了便利。

（三）应用实例

农业方面利用自然冷能进行冷储，能收到良好效果。以蒜薹贮存为例，常温环境中蒜薹只能贮存 20～30 天；采用气调方法也只能贮存一个多月；在 0℃ 低温下却可以贮存 8～9 个月。若采取低温气调方式贮存蒜薹 8 个月，只损耗 10%～20%[11]。又如常温态苹果的储藏温度每上升 10℃，果肉的损失速度约提高 2 倍左右[12]。于最佳储藏温度条件下（－1～4℃），一些优良品种苹果能在保存 2～3 个月后仍处于优质状态。由于苹果于 9、10 月间集中

上市，无条件贮藏，只得廉价出售。而于年末年初苹果价昂时期，却又无货可售。我国苹果质量好、产量大，但在香港市场上却只能以低于美国、加拿大、新西兰等国苹果价格的1/3至一半出售。据统计，采摘后若能先储藏25天，则可望升值约30%。国外市场苹果论个出售，价格也高，其中平均约40%成本用于储运方面。冷贮得当，某些耐藏品种可以贮存半年而品质不变，甚至可以实现周年贮存[13]。可见，利用冷能实施降温贮存，将可获得巨大经济效益。

又如，利用自然冷能实施低温存储，甘肃地区的籽瓜可以保存至年末年初，约可升值80%。

一般产业部门则侧重于工业余（废）热回收与节能。

四、冷能应用的前景

根据冷能利用研究的基本原理，科研人员根据产业部门所提出的问题，已在自然冷能利用的实用化方面，迈出了一步。初步可以归结到如下几个方面。

（一）无能耗冷藏

利用冷能作为能源进行低温冷藏，运转过程不需耗用人工能源，所以称为“无能耗”冷藏。

低温热虹吸管在－20～30℃范围内工作，可以构成有效的降温系统。该系统工作可靠，运行过程既不需管理，也不需要运行费用。对于广大农村，尤其是交通不便，能源、供电均较困难的边远、偏僻地区等无疑具有特殊意义。因此最近又有人提出新的要求，希望将本项系统朝小型化发展，以利农家对现有果、菜窖进行改造。

前述于1990年建成的热管换热式无能耗冷藏库运行结果表明，降温及储冷功能正常，证明在我国利用自然冷能，方案可行。尽管出于初次实践，设计与施工方面经验不足，存在一些具体问题，但却取得了宝贵经验。若能充分发挥本项技术潜力，不但能

取得可观的经济效益，而且也有良好的社会效益。

（二）调温系统

干沙的导热能力较低，是良好的天然保温材料。湿沙中由于所含水分的热容量与潜热均较大，又是良好的天然蓄能材料。充分利用沙的特性，可以在沙源充足的沙漠地带廉价获取冷能。

例如，根据沙漠地区昼夜温差较大这个特点，可以改善室内环境。在夏季，可以利用夜间的较低气温，降低沙丘内部的温度，即利用沙丘蓄存冷量，至白天气温升高时用以降低室温；在冬季则可以利用白昼的较高气温和充足的阳光来加热沙丘，于夜间气温降低时取暖。当然，如果结合太阳能利用设施获取热能，可望能产生更好的效果。

在这个过程中，利用沙丘表面天然干沙的隔热性能作保温材料，将经过改性的沙丘内部沙作蓄能体，皆依赖于取之不尽的天然沙。这种改性对水质的要求不高，所以在沙漠地区较易获得的苦、咸水一般均可以满足需要。所以，建立这种调温系统所需条件容易得到满足。它的最大好处是不会造成环境污染，同时也可免除昂贵设备的运输工作，成本低廉。需要时，可以迅速建立，人员撤离时弃置即可，无需善后处理。

（三）廉价能源

沙漠地区交通不便，一般供水困难，成为沉重负担。实际上沙漠地带往往有丰富的浅层地下水，只不过矿化度一般较高，难以利用。如上所述，沙漠地带太阳能极为丰富，白昼气温高，晚间气温却又骤降，这就为我们进行苦水淡化提供了充足的能源。

具体实施十分简单，就是在沙丘中修建一个类似上述无能耗冷藏库的大型冷凝器，把干沙作为蓄能工质，利用夜间的低温蓄存冷量。当白天气温升高时，使阳光直射水面，利用太阳的辐射热及环境高温使苦水蒸发。若将水蒸汽收集并引人冷凝器中，就能得到纯净的蒸馏水。水蒸汽在冷凝器中凝结时，放出的热量将使冷凝器周围的干沙升温，蒸馏水产量相应逐渐减少，直至停止析出蒸馏水为止。但随着夜间气温的不断降低，热管开始工作，重

新又将冷凝器周围沙中热量传出并源源不断散往大气中，直至天亮后气温升至冷凝器周围沙温为止。此时重又作好析出蒸馏水的准备，上述过程重新开始，如此循环连续不断。

由于热管传热具有单向性，所以只要大气环境温度低于冷凝器，它就自动使冷凝器降温，为制造蒸馏水创造有利条件。因此本系统的运转不需人工能源，也几乎无须专人管理。所用热管也可随意拔走转移，加之设备简单、材料价低，所得蒸馏水代价将极为低廉。

（四）余热回收

冷能利用研究成果进一步也可以扩展用于工业余热回收。

热管式换热器是近年来迅速得到广泛应用的新型换热设备，具有体积小、换热效率高、运行可靠、寿命长以及管理简单等优点。除了能在小温差下传递很大热量外，还能实现远距离传热。所以在很多场合，常规换热器无法代替[14]。

笔者在关于冷能利用研究基础之上，与某铁合金厂合作，完成一台工业余热回收热管换热器的制作任务。本换热器利用烟道余热作加密回收硅粉热源。试车运行实测结果，烟温于260～330°C间变化，换热器取用烟气热量的能力为66．5～141．2°千瓦，每日回收热量折合标准煤炭200～420公斤，相应单管的传热能力（吸热部为无翅光管）为0．6～1．3千瓦。若换热器在300～450°C的烟气设计温度下工作，单管传热能力将可在2．8千瓦以上。

本项技术曾在1982年的全国首届丝路节技术展销会上获银奖。用于锅炉余热回收，可以进一步提高锅炉的热效率。

沙漠地区冬季气温较低，若车内没有专用取暖设备，乘车时，车内环境常常令人感到寒冷难忍。为了取暖，采用了各种方法，但是一般效果不大。汽车发动机排出尾气温度较高（300～700℃以上）。若能将尾气余热用于车内取暖，对于改善冬季车内环境十分有利。夏季的一次初步实验结果表明，将尾气热量的几分之一取出烧开水，车起步后约20分钟即可将4升水箱的水烧开供饮用。利用热量折合功率1．1千瓦以上，而且不影响汽车尾气排放。若

在发动机排气尾管上加装小型专用热管换热器，将空气加热并送往车内，可以充分满足车内取暖要求。

沙漠地区，一般能源紧张。在开展沙产业时，余热的回收及利用，将是不可忽视的一项重要工作。

五、综合应用自然冷能

上述冷能利用是指利用温差条件。实际上与太阳能利用结合，或结合工业余热利用，进一步提高热端温度，可以大幅度提高换能效率，从而获得更多能量。

目前，关于利用热泵获得能量的研究进展很快，其中也有利用自然温差工作的热泵，实际上为冷能利用奠定了技术基础。热泵的特点是通过输入较少能量的方法，获得较大能量。如果利用自然冷能作为热泵的输入能源，将可以大幅度提高热泵效率[15]，甚至可望能制作出“无能耗”热泵。这将为热泵的实用化及在我国推广热泵开辟一条新途径。

目前冷能利用仍处于起始阶段，特别是在我国，尚处于初期研究阶段。但从一开始，冷能就明确显示了它的巨大潜力。国外投入了大量人力、物力，进行了多方开发及应用研究与实践，效果是明显的，前景也是诱人的。在开展沙产业同时，若能给予重视，投入少量研究经费，必将能产生巨大经济效益。

六、结　　论

1. 自然冷能是一种潜在能源，尤其是在沙漠地带，具有实际应用前景。

2. 由于具有无噪音、无污染的特点，所以开展冷能应用将具有良好的环境效益与社会效益。

4. 与其他能源相比，冷能具有几乎不受天气变化影响的优点，对于我国经济现状而言，具有极大现实性及可行性。

5. 在开展沙产业的同时，冷能利用技术将能够发挥特殊作用。因此应给予足够重视，并应尽快开展有关研究。

6. 国内外实践表明，冷能应用得当，可以产生特殊的经济效果。

7. 与其他廉价能源技术综合利用，冷能具有更大经济价值。

参 考 文 献

1. Gaugler, R. S. Heat lransfer device. US Patent 2350348, Appl. 21 Dec 1942.

2. Grover, G. M. Evaporation—condensation heat trasfer device. US Patent 3229759, Appl. 2Dec 1963.

3. Grover, G. M., Cotter, T. P. and Erikson, G. F. structure of veryhigh thermal conductance. J. Appl. Phys. 1964, 35 (6), 1990—991.

4. Longe, E. L., The Long thermopile, Inpermaforst: Proceedings of anInternational Permafrost Conference. 478～491. Lafaette, Nov. 1963, U. S. National Academy of Sciences, Washington, D. C., 1965.

5. U. S. S. R. Patent No. 163541, 1963.

6. Waters, E. D., Application of the CRYOANCHOR Stabilizer to Refri—gerate Support piles in Marginal soiles, Mcdonnell Douglas Report DWDL—721—063, 1972.

7. 丁靖康、娄安金、叶拔友．热桩技术的一个重要问题，第四届全国冻土学术会议论文选集（冻土学）．北京：科学出版社，1990，178～181.

8. 清水建设株式会社技术研究所．人工永久冻土による低温贮藏库，技研技术资料 87～03。

9. 了戒公利．冻土による食粮保存，冻结及乾燥 Vol. 33, PP 88～92, 1987.

10. 张津生、傅蓉．论热管技术在沙产业中的应用前景，沙产业专辑，1991，111.

11. 王士钢．果蔬贮藏保鲜技术．南昌：江西科学技术出版社，1989，10.

12. 陈锦屏、刘兴华．果品保鲜贮存．西安：陕西科学技术出版社，

1986，99.

13. 王士钢．果蔬贮藏保鲜技术．南昌：江西科学技术出版社，1989，105.

14. 刘纪福、白荣春、山本格．实用余热回收和利用技术．北京：机械工业出版社，1993，80.

15. 徐邦裕等．热泵．北京：中国建筑工业出版社．198，87.

自然冷能调温系统

张津生　傅　蓉

（中国科学院兰州冰川冻土研究所）

一、概　述

自然冷能利用为中国科学院兰州冰川冻土研究所（以下简称“冰川所”）近年的研究课题之一。严格地说“自然冷能”的科学称谓应为：“自然常温环境低温差热能”。为了区别于一般热能概念，我们把自然环境中存在着的低温差低温热能称为自然冷能，简称“冷能”。这个词日语中称为“寒气”，意为寒冷的气候环境条件。

我国幅员辽阔，大陆地区夏季炎热，冬季寒冷，四季分明。无论是冬夏还是昼夜，温差明显。最为明显的就是广袤的沙漠及戈壁地带。这就为我们提出一个问题：能否随心所欲地利用大自然所给予的各种环境温度条件？换言之，能否类似冬季存冰夏季取用那样，利用环境温度的时间差，即利用这种由于自然环境温度变化所导致产生的大量低温差低温热能。如果能够实现，则自然冷能将与风能及太阳能一样，成为取之不尽，用之不竭，廉价又无污染的能源。例如，若能将白天的酷暑与夜晚的低温环境在同一时间、同一场所再现，就可以不花代价获得免费空调。再进一步，如果将冬季的低温环境保持至夏季，就有可能建成年循环式的冷藏库。在开展沙产业中，如能充分利用自然冷能，将产生巨大经济效益。

出于保护资源及防止环境污染的需要，能源问题越来越被人们所重视并做了许多相应工作。实践结果表明，自然冷能应用范围非常广，除了作为节能降耗、提高效率、降低成本、增加效益的有力措施，它还作为一种潜在的能源而引人注目。例如，工业余（废）热多半向大气中排放，所以其中很多仍然属于自然冷能范畴。可见冷能可以广泛应用于工业、交通、农业、能源、环保等各个领域的生产及工程建设中。

二、自然冷能的调温机理

无论是昼夜，还是冬夏，自然环境的气温与地温总是随时间周期变化。在这种冷暖交替过程中，随气温的改变，自然环境始终是处于能态不平衡状况，也就是说，温差随处可见，这就意味着能量的存在，而且这种能量在数量上可以视为无限大。当然，从热工学的角度来看，这种低温能量属于“低品位热能”，利用的可能性取决于温差的大小。尽管绝对数量很大，但一般由于温差过小，获取设备的投入与产出相比，经济上不合算，利用价值不大。

我国地处欧亚大陆暖温带，幅员辽阔，大部地区属于大陆性气候，昼夜与季节温差较大，特别是戈壁、沙漠地带，这种温差格外明显。如果将高、低温环境在同一时间、同一地点再现，可以获得较大温差的热能，也就具有利用的可能性。这就是冷能利用的基本依据。

日常冷能利用的实例很多，比较典型的是热泵式空调器（在我国已经系列商品化）。热泵获取的能量来源于自然环境，可以利用地温、气温或水温等的温差，运行特点是输入少量能源，获得较大能量，所以属于节能设备的范畴。

实际上综合利用昼夜，甚至冬夏季节温差，可以直接获得具有实用价值的热能，这就是上面所说的自然冷能。我们可以在夏季用作降温，冬季用于取暖。

三、调温系统的建立

为了利用自然冷能，我们首先得有效收集能量，一般以热管作执行设备。热管是一种高效传热元件，传热具有单向性，所以能可靠地将冷能集中于指定的蓄能工质。

由于经济效益是自然冷能利用的控制因素，所以必须因地制宜利用一切有利自然条件蓄存所获得的自然冷能。比起气温变化，地温相对比较稳定，而且普遍偏于接近气温的低温侧。所以在利用自然冷能时，虽然蓄存热量与蓄存冷量的效果一致，但出于技术经济合理性，一般利用地温条件进行冷量储存。

相对环境气温而言，热管使蓄能工质经常处于较低温度，我们可以说工质中蓄存了“冷量”；反之，蓄能工质经常处于较高温度，就蓄存了“热量”。无论是高温还是低温形式的冷能，能被蓄存，才有可能在需要时释放出来，以便利用。具体说来，就是把低气温时的自然冷能以冷量形式蓄存于大地中，在气温高时加以利用（或者反过来蓄存热量，以备寒冷时利用）。

当我们在蓄能土中埋设换热系统，并采取保温措施隔绝蓄能体与周围环境间的热交换，就构成一个完整的调温系统。值得注意的是，干燥的土和沙具有较低的导热率(据笔者的实测结果，土：0. 0013～0. 0025W/cm. K；沙：0. 0026～0. 004W/cm. K)，大约是硬泡沫塑料保温材料的6～13倍，即0. 8到1米厚的覆盖粉沙层，或0. 4到0. 8米的覆盖干燥土层，相当于10厘米厚硬泡沫塑料保温材料的隔热效果。所以，采取隔水措施，水分不会浸入时，可以利用干燥的土或沙作廉价保温材料。

当土或沙中含有水分时，由于水的比热较大，它们的蓄热能力就大幅度增加。饱和含水状态下，土和沙的导热率约为干燥态的5～10倍以上，蓄热能力可增至2. 6～5倍；若利用水分的冻结潜热，相应蓄能能力将猛增至150～300倍以上。持水能力越大，蓄能能力越强，所以利用原地沙或土作蓄能工质时，一般应进行

增加持水能力的预处理，同时还须采取必要的隔水措施，以尽量避免蓄能工质中的水分损失。

四、调温系统的运行

由于戈壁、沙漠地带的昼夜与季节温差变幅大，一般居室离不开空调。甚至是白天需要降温，夜间又得升温，不但耗费能源，空调设备的运行状况也极不合理。沙漠地区气候环境恶劣，交通不便，能源供应困难，如果充分利用自然冷能进行调节，可以大大减少空调能耗，甚至可以完全取代人工空调。可以为今后开展沙产业提供极为有利条件。

当我们建造地下或半地下式结构房屋时，房屋的边墙外侧可以回填一层蓄能工质（改性沙或土）。当利用热管使其降温或升温时，就可以使整个系统处于较适当的温度状况，部分或全部抵消气温高低变化所引起的热冲击，从而使房内保持适当温度。

（一）降温

当气温较低时，蓄能工质中安放的散热热管就会将工质中的热量向空气中散发。当白昼气温增高时，蓄能工质吸收部分热量，屋内气温保持低于气温状态；当夜晚气温下降，低于蓄能工质内部温度时，热管又自动恢复工作，重新散热。

如果调温系统配置得当时，可以形成年调节式的低温室内环境，适合冷藏。

（二）升温

沙漠地带的地温比气温的昼夜及季节变幅更大。在塔里木沙漠，气温最低的元月份，月平均气温为−8～10℃，月平均最高气温在±3℃之间变化，地温的平均值接近气温的平均值，但平均最高地温与平均最低地温分别为10～13℃和−24～−27℃。可见，即使最冷的时候，也可以利用地表的较高温度改善居住条件，为进行调温提供所需热量。

利用热管将热量传入蓄能工质，可以用于保持屋内较高气温。

当地温降至蓄能工质温度以下时，热管自动停止传热，所获热量不会逆向传出；当地温回升，高于蓄能工质温度时，热管重新恢复工作，将热量传入蓄能工质，使其始终保持较高温度。采取一些简单措施，我们还可以人为促进地表升温，提高集热效率。

无疑，冬季利用自然冷能取暖，可以得到节能效果，甚至可以完全不再耗用人工能源。

（三）无能耗调温

从理论上说，综合上述两方面，利用自然冷能，我们可以使室温保持在适宜的温度范围，从而实现“无能耗”调温的目标。问题是由于热管传热的单向性，分别起集热与散热作用的两组热管同时工作时，传热效果将互相抵消。

采用热开关管，可以进行控制，使其停止或恢复工作，甚至实现全自动控制，从而有效地解决这个问题。本方法有时需要电源条件，须增加设备投资，热管造价也将增加，所以出于经济方面的条件限制，一般不大可能采用。

我们可以根据需要，人为地控制参与工作的热管数量与种类，达到调温目的。方法很简单，就是对热管的地表以上换热部分实施热隔离。可以随气温的变化，经常、少量地进行调整，也可以每年进行 2、3 次集中调整。当然，必要时也可以采用自控系统，随时进行自动调节，但须消耗一定能源，而且增加设备投资，经济上未必合理。

比较节省的办法是，变换热管安放位置，使同一套热管根据需要，担任集热或散热任务。方法简单，但实施起来很麻烦，而且这种更换必将造成热管外表面与蓄能工质间接触不良，增大热阻，降低整个系统效率。

比较简单的方法是原位调整热管安放角度，使之根据需要起集热或散热作用，但工程造价将相应有所增加。最大缺点是当蓄能工质处于冻结状态时，无法再作这种调节。

各种方式，均有缺点，可以说都不是好方法。究竟应采用哪一种方式，取决于技术经济性能分析结果。要想比较理想地解决

这个问题，有待于开展实体工程研究，约需投资 15～20 万元。

（四）有关经济性能分析

与内地的工程建设不同，在沙漠地带施工，运输条件往往成为控制性因素，使工程经济分析复杂化。所以脱离现场具体环境条件，进行关于利用自然冷能调温的经济效益分析，毫无意义。

利用自然冷能进行调温，需要双套传热热管，使得投资大幅增加。所以，完全利用自然冷能调温（无能耗调温），还是部分利用冷能、部分利用人工能源调温，是经济论证首先必须确定的原则。在极热或极冷时期，添加少量常规能源加强调温，有可能使整个工程造价大大降低。

其次，必须确定调节热管工作状态的恰当方式。如果分析结果，无论采用哪一种方式都不理想，可以考虑采取利用冷能单向调温（根据具体情况，单纯升温或单纯降温）的设计方案。由于调温系统的主要投入在热管成本，所以采取这种方案有可能最终获得单位投入产出比最佳结果，但是使用上不够理想。

彻底解决这个问题的最理想方法是采用既廉价而又能简单操作、实施控制的热开关管。这个问题已超出本文范围，不拟在此讨论。这里只能说，如果投入少量研究经费，可望于两年之内开发出这种热管。

五、结　　论

1．利用冷能进行调温，可以产生巨大经济效果，对开展沙产业具有重大意义。

2．在沙漠地带，利用自然冷能调温，既有实现的可能性，也有实施的可行性。

3．为使本技术实用化，应开展实体工程试验，进行现场研究工作。

治沙工程与沙业展望

《人民日报》于 1993 年 2 月 17 日至 6 月 30 日推出“治沙工程与沙业展望”专栏，先后发表文章和报道 9 篇，引起社会广泛关注，现转载于此，并转《人民日报》编者按。

建立沙业的思考

——钱学森致刘恕信件摘录

编者按 征得钱学森同志同意，我们将他致中国科协书记处书记、沙漠治理专家刘恕信件中关于建立沙产业的论述，摘要发表在这里，以期引起读者对沙漠治理和开发利用问题的关注。

我国以占世界 7%的耕地养活了占世界 22%的人口，这一成就举世瞩目。但是，80 年代以来粮食产量的增长几乎被人口的增加所抵消。今后会不会依然如此？从长远考虑，出路何在？钱学森作为科学学的创立者，高瞻远瞩地提出了一系列向自然界新领域进军的设想，包括建立林产业、草产业、海产业和沙产业。我国戈壁、沙漠和沙漠化土地超过 20 亿亩。历史上我国人民同沙漠作了可歌可泣的斗争。新中国建立以来治理沙漠的成就更是举世公认。但是至今还没有完全扭转“沙进人退”的局面。随着现代科学技术的发展，不但已经有可能以更有效的手段治理沙漠化，而且可以对不能治理的沙漠作生产性开发利用。这就是钱学森同志提出建立沙产业这一科学思想的精髓。我国从事沙漠治理的专家们默默奉献，艰苦奋斗，但他们的劳动和所取得的成果还鲜为人知。为此，我们与林业部、治沙办公室、中国治沙暨沙业学会合作组织这组系列报道。第一篇是钱学森同志的信件摘录，其他文

章和报道将陆续刊出。

党的十四大对大家是莫大的鼓舞，会议决定要加强基础设施建设，用我们的话，就是加强地理建设和建设沙产业！

裕钊同志提出的高技术沙产业是前途无量的。从防治沙漠化及风沙化土地5．6亿亩入手，再向沙漠戈壁17．4亿亩进军。我们搞出榜样，那中近东几百万平方公里的沙漠就可用核能淡化海水，改造成生产园地，为人类做出贡献！

——1992年10月27日

这次全国治沙工作会议的确开得好，从中央到地方的各级领导都很重视，这也是您多年努力的结果！

但我看这只是个小小的开端。从全国讲，沙漠化将会得到治理，会有所减少；但仍然是“沙进人退”！什么时候真的“人进沙退”？

而且我们要根据实际条件，搞清最后不能绿化的沙漠戈壁有多少？这不能绿化的沙漠戈壁才是真正的沙产业基地。沙产业比治沙防沙要难得多。

从另外一个角度看，治沙工作是一项社会主义地理建设。再者今年由于抗洪救灾，国家对水利建设重视了，这也是社会主义地理建设。所以我们要抓住时机，为地理科学的建立，对树立社会主义地理建设的概念，再努一把力。这也是百年大计！

——1991年8月16日

我非常感谢您送来了《沙产业专辑》，读后得益良多；尤其像您和田裕钊同志等在长期同沙漠戈壁打交道后总结经验所谈的，更是比我高明得多！

您讲的苏联（现已不存在了！）中亚卡拉库姆大运河的教训，它使我想到沙产业还有个地理建设的大问题：治沙、改造沙漠戈壁有个能干什么不能干什么的课题，要尊重地理学规律。这个宏

观理论在沙产业比农产业、林产业、草产业和海产业要突出得多——一方面人有改造沙漠美好设想的诱惑，一方面又有地理（气象、水文、土质等）自然规律的限制。这不是地理科学的研究课题吗？

对此如何入手？我想也许可以从地理历史学开始，过去不是沙化的地区，采取人为措施大概是可以治理的，而几百年前就是沙漠戈壁，对它只能就实际情况开发沙产业，不要轻举妄动！

还有一点：沙产业属第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的，那时还要用生物技术这一现在刚露头的技术革命的成果。对沙产业我们现在只是做初步探索工作，包括：1. 从地理科学明确治沙的范围；2. 通过试点，建立沙区植物、动物繁殖加工事业；3. 引入生物技术，做些试验。

——1991年12月21日

近日又翻看了中国林业出版社于1984年出版的《治沙造林学》，看到此书写作名单。我以为他们如愿意，都可成为将来“沙产业学会”或“沙业学会”的成员。

成立此学会是为了先造舆论，宣传沙产业在我国社会主义建设中的重要性，并讨论我国沙产业的50年规划。例如：在我国近20亿亩干旱区戈壁、沙漠及半干旱区沙地选日照充足而又风沙不大的1亿亩作为太阳能发电区，年均电功率即可达10多亿千瓦。再治沙造林、造田，年均500万亩，50年即可改造2.5亿亩。余下的沙漠发展沙漠种植生产。这不是对祖国建设的巨大贡献吗？

学会的研究讨论最后引起党和国家的重视，就有可能把有关科学技术力量组织起来，成立“沙业科学院”，在国务院设“沙业局”，最后在21世纪成立国家沙业部。

我这可能说到100年以后的事了，但事情总要有个开头。

——1990年5月3日

前见报端一位访以色列的记者说，以色列在沙漠化土地上夺

得粮食丰产，还能出口。说这完全是科学技术的功劳。

不知我国治沙科技专家去以色列考察过吗？如还未去过，全国治沙暨沙业学会不该设法办这件事吗？

——1992 年 8 月 28 日

不久前见到刚从以色列访问回来的中国科学院一位研究员，他说那里的科技人员对“中国用世界耕地面积的 7%养活世界人口的 22%”，感到没什么！因为以色列在那么干旱的一点点土地上养活了那么多人。我想我国的沙业工作者要注意学其所长。

——1992 年 10 月 10 日

用另一种思维认识沙漠

——访中国科协书记处书记刘恕

在寻常人看来，沙漠是与灾害联系在一起的。然而，在一些科学家眼里，沙漠也是一种宝贵的自然资源，也能造福人类。

这是我们日前采访中国科协书记处书记刘恕时，获得的一种全新的认识。

刘恕告诉记者：“9 年前著名科学家钱学森教授提出的沙产业概念，为科技界更换另一种思维认识沙漠，正确理解人类与自然的关系提供了思路。”

同其他自然灾害一样，沙漠和沙漠化是极其残酷的，具有严重的社会后果和突发的危机性质，时时在困扰和威胁着沙区人民的生产和生活。长期以来，沙区人民一直以防御作为沙地治理的出发点。“因害设防”已成为人们熟悉的沙地治理策略。

刘恕说：“钱学森先生深刻分析了沙区农业气象资料、土地资

源的特征，指出沙区不仅具有发展农业生产的制约因素，也具有独特自然优势，关键在于如何利用独特的自然优势，克服其不利因素。在此基础上，他提出了沙漠产业的概念。”

沙漠戈壁上有着充足的太阳能源。我国现有沙漠戈壁16亿亩，占国土总面积的1/6。按照钱学森的设想，假如运用全部的现代科学技术，包括物理、化学、生物等基础科学，通过动、植物和微生物把这里的太阳能利用起来，这16亿亩沙漠戈壁也可为国民经济创造几千亿元的产值。这是一笔巨大的财富，是来源于沙漠的绿色产业。

刘恕回忆说："钱老对沙漠和戈壁的研究始于60年代初期。那时钱老正在内蒙古的巴丹吉林沙漠戈壁上，从事火箭和导弹的发射研究工作。傍晚或清晨，他常常一个人漫步于沙漠戈壁，梭梭树和其他一些沙地植物，使这位著名科学家获得了许多重要的启示。”

在谈到创建沙产业的意义时，刘恕说，把沙漠的绿色产业作为与农业、林业、草业和海业并列的一个界类，有利于提高人们对人与资源、环境关系的认识，给人们以警觉，提醒决策者在占国土1/6的空间范围内，尽管具体生产活动可能与已有的产业类同，也绝不能等同对待，必须针对其特有属性，给以特有的审慎的技术方法和长远的思考。

作为资深治沙专家，刘恕说："在沙漠地区进行经济活动，要从沙漠地区实际情况出发，寻求特殊的技术手法，彻底改变只顾眼前利益，以致造成沙漠化危害扩大的种种错误做法。既要认识预防沙漠化是前提，是永久利用资源的保障，又要贯彻‘开发促治理，治理保开发’的原则。”

刘恕认为，钱学森先生倡导的沙产业的核心在于，利用自然科学、工程技术及一切可以利用的知识，来提高太阳能转化效率，增加光合作用产品产量。所以说，沙产业也可以形象地说成是沙漠绿色产业。沙产业愈发达，第一性产品产出量就愈多，人们为追求生活必需品而进行的盲目开垦和放牧就会相对得到控制，脆

弱的自然资源就会得到休养生息的机会。

出访以色列刚刚回来的刘恕，颇有兴趣地说：“以色列依靠知识密集的优势，在沙漠地区采用先进的滴灌法，利用微咸水和污水进行灌溉，使有限的水资源利用率达90%以上，以科学技术克服沙漠的不利因素，同时发展温室、塑料大棚等设施栽培，并应用生物技术培育生产了大量的优质蔬菜和花卉、水果，批量出口欧洲。”

她说：“由此，我想到我国的西北沙漠地区，那里阳光充沛，空间广大。只要使那里的水资源得到充分合理的利用，再有效地推广一些设施农业，还将会引起农业型生产的革命性变革。在这里，一旦打破水要素的制约和季节的限制，那么沙漠就会释放出巨大的能量。”建国以来，各地已有一大批不同类型的沙漠和沙漠化土地治理与开发利用相结合的典型，为创建沙产业提供了可依托的基地。刘恕认为，从中选择若干典型，作为创建沙产业的实验基地是切实可行的。

本报记者　**谢联辉**　中国林业报记者　**李表松**

我国实施治沙工程第一年势头好

重新认识沙漠开发重要性　沙产业构思引起热烈反响

本报北京2月27日讯　记者**谢联辉**报道：　去年是我国实施治理沙漠、遏制土地沙漠化10年规划工程的第一年，在沙区各级政府的重视和支持下，该工程已经在1300万亩土地上迅速展开，超过原计划任务的30%，为这项巨型生态经济工程开了个好头。著名科学家钱学森提出沙产业概念后，确立了把沙漠作为重要资源进行合理开发利用的新观念，一个把高新技术同传统防治沙害方法相结合的新构思在走向成熟。

土地沙漠化已成为全世界重要的环境问题，我国是受沙漠化

危害严重的国家之一。据不完全统计，仅“三北”地区就有2亿多亩农田遭受风沙危害，15亿亩草场沙化、盐渍化，800多公里铁路、数千公里公路受到风沙侵袭。沙漠化问题不仅在干旱半干旱地区严重存在，而且在湿润和半湿润地带的豫东、豫北平原以及唐山、北京和鄱阳湖周围也出现了2 350万亩风沙化土地，其范围涉及全国26个省、市、自治区。

目前，随着人口的增加、农牧业对土地的超负荷使用，我国每年扩大沙漠化土地的速率，由五六十年代的234万亩，增加到现在的315万亩，治理沙漠化的速度远远赶不上沙漠化扩大的速度。

治沙已经成为一件迫在眉睫的大事。近两年来，我国推出了总投资78亿元（包括国家和地方投资、投工）的10年综合治理开发沙漠工程，全国绿化委员会、林业部成立了管理这项工程的办公室，由刘恕、董智勇等有关专家发起成立了中国治沙暨沙业学会。最近，本报刊出了钱学森同志有关建立沙产业的思考。钱老的思考在科学界引起了强烈反映。专家们希望各级政府认真研究并采取有效措施，实现钱老的夙愿，建议有关部门把高新技术与传统治沙技术结合起来，把中央的投入与地方治沙的积极性结合起来，利用系统工程方法，建立一种能适应市场经济需要的运行机制，充分发挥沙区各类资源优势，走出一条有中国特色的沙业道路。

治沙需要科学和智慧

——访中国治沙暨沙业学会理事长董智勇

土地是脆弱的。

土地的沙漠化已成为世界性的灾难。全世界现有沙漠、戈壁和沙漠化土地4 560万平方公里，受沙漠影响地区的人口约有10亿。沙漠化土地还在以每年5万至7万平方公里的速度不断扩大。

作为世界的一部分，中国的情况怎样？

中国林学会理事长、中国治沙暨沙业学会理事长董智勇日前告诉记者："我国是世界上沙漠面积较大、分布较广、沙漠化危害严重的国家之一。全国沙漠和沙漠化土地总面积153万平方公里，已超过全国耕地面积的总和，占国土总面积的15．9%。"

董智勇是在自己的办公室里接受采访的。室内的陈设和他本人一样"朴实无华"。这位为祖国绿色孜孜不倦奋争的老专家沉痛地指出："50年代至70年代，我国沙漠化土地每年以1 560平方公里的速度扩大。进人80年代，沙漠化土地平均每年扩大2100平方公里。这是一个令人忧心忡忡的数字。"

或许，人们总是更多地把董智勇的名字与中国的自然保护事业联系在一起。实际上，他在治理沙漠和改善生态环境方面的贡献也是不可忽略的。早在50年代初，他就投身于沙漠考察和治理改造工作。在塔克拉玛干、毛乌素和科尔沁沙地，不知留下他多少足迹。

我国的沙漠和沙漠化土地，主要分布在西部和西北部的北纬37～42度之间。绵延万里的风沙线，危害着新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西、内蒙古、山西、河北、辽宁、吉林和黑龙江等省区。董智勇说："现已形成的沙漠化土地和风沙化土地，主要是长期以来不合理的耕作方式和过度的砍伐、垦殖、放牧以及人为破坏，导致大面积的森林、草原消失，沦为裸地，再加上气候干旱、风蚀、土壤疏松等自然因素，加速了土地沙漠化。"

董智勇告诉我们，沙漠的推进和沙漠化土地的扩大，给我国一些地区的工农业生产和人民生活带来严重影响。风沙的残酷有时超出人们的想象。在北方万里风沙线上，每年8级以上的大风沙日就有30至100天，还时常出现沙暴现象。流沙给农田、牧场、城镇、村庄、交通线路和水利设施造成严重的威胁。据估算，全国每年因风沙危害造成的直接经济损失高达45亿元，沙区集中了全国贫困县的60%。

沙区人民一刻也没有停止同沙害作斗争。他们在长期治沙实

践中创造了许多先进适用的治沙技术。董智勇扳着手指列举说："像陕西榆林的引水拉沙，辽宁章古台的沙地樟子松造林，宁夏中卫县的'四带一网'治沙法等。这些成果在国际上也是处于领先地位的。特别值得称赞的是，在治沙最前线已经锻炼出了一支善战的科技队伍。他们创立了中国的沙漠科学，在总结群众治沙经验基础上，积极探索建立'铁路沙害治理体系'、'绿洲沙害防护体系'，推出了沙坡头、盐池、临泽等一批沙漠化整治样板，在防沙、治沙方面做出了卓越贡献。然而，从总体上看并没有扭转'沙进人退'的局面。"

治理沙漠，首先要认识沙漠自身的规律，要把群众的智慧和创造精神同科学态度结合起来。

在沙漠中，最珍贵的是水。董智勇主张，中国治理和开发沙漠的重点应当集中在年降水 300 毫米等值线上，治一片向外扩展一片。这些地区的沙漠一般都有地下水，有的地方还很丰富。通过打井、喷灌，发展节水性农业，逐渐扩大绿洲的面积完全可以做到。

在这位林学专家的眼里，沙漠和沙地是一个巨大的生态经济系统，包涵着极其丰富的内容。这里有开发潜力极大的光能、风能，有沙区特有的生物资源，有取之不尽的沙制建材的原料……如果我们摆脱传统的观念，扬沙区之长，避沙区之短，就可能看到风沙灾害的另一面，发现一个急待开发的富源。

这位满头银发的专家激动地说，现代科学，成熟的技术，已经给了我们开发沙区的条件。钱学森同志建立沙产业的思考，站在历史发展的高度、提出了沙区开发的新思路，这是高新技术发展与生存环境保护相结合的产物，是经济发展和人口增长的需要。现在，沙区风能、光能开发技术正在长足发展；有的国家已经采取高投入高产出的办法，把生物工程、温室作业、无土栽培等先进技术用于发展沙区高效农业。近些年我国也在这些方面做了许多有益探索。

董智勇再三强调："沙区生态经济系统不是孤立存在的，也不

是毫无价值的。如果按照生物多样性的原理，利用系统工程的方法，科学地建立沙区的生态经济系统，充分发挥这个系统的生态效益、社会效益和经济效益，那么人类在沙漠和沙地同样会创造出有价值的东西。”

谢联辉　树　干

治沙伟业　事在人为

土地与人类的生存、发展息息相关。但是，由于人们对自然规律认识不足，不仅未能科学地利用土地资源，而且往往是长期采取“杀鸡取卵”、“竭泽而渔”的耕作方式和过度砍伐、垦殖、放牧等，致使大面积的森林、草原沦为裸地，加之气候干旱等自然因素的影响，导致了土地沙漠化。当今，土地沙漠化已成为世界性灾难。全球沙漠、戈壁和沙漠化土地已达4 560万平方公里，而且正以每年5～7万平方公里的速度不断扩大。我国是世界上沙漠面积较大、分布较广、危害严重的国家之一。全国现有沙漠戈壁116.2万平方公里、沙漠化土地33.4万平方公里、风沙化土地3.7万平方公里，总计达153.3万平方公里，占国土总面积的15.9%，已超过全国耕地面积的总和。仅在我国西北、华北北部、东北西部地区，每年就约有2亿亩农田遭受风沙危害，粮食产量低而不稳；有15亿亩草场由于沙化造成牧草严重退化；有数以千计的水库、灌渠等水利设施和河流经常遭受风沙侵袭和压埋。全国每年因风沙危害造成的直接经济损失高达45亿元。

新中国成立以来，党和政府就积极组织和领导沙区广大人民群众坚持不懈地开展防沙治沙工作。三北防护林体系工程上马以来，我国的治沙工作更取得了举世瞩目的成就。至今全国以治沙为主要目的造林保存面积已达1.5亿多亩，不但使10%的沙漠化土地得到治理，20%的沙漠化土地得到逆转，而且还从沙漠中开发出农田2 000多万亩。过去受风沙危害产量低而不稳的1.65

亿亩农田，由于有防风固沙林的保护，粮食产量增加10%～20%。过去因沙化、盐渍化和牧草严重退化的1．34亿亩荒漠和半荒漠草原，由于封沙育林育草，产草量增加20%以上。但从总体上看，我国尚未从根本上扭转沙漠推进和沙漠化土地继续扩大的趋势，边治理边沙化，治理速度赶不上沙化速度的情况依然严重存在。预测今后10年土地沙漠化将以1．32%的发展速率扩大，平均每年沦为沙漠化土地的面积将有2370平方公里，形势十分严峻。

治理沙漠，遏制土地沙漠化已成为一件迫在眉睫的大事。国务院于去年7月在兰州召开了全国治沙工作会议，动员各行各业的广大干部群众向沙漠进军。同时，国务院批准了《治沙工程建设十年规划要点》，并决定将治沙工程列入国家投资计划，制定了治沙方针和优惠政策，使全国的治沙事业进入了一个讲规模、求效益、大发展的新阶段。

按照《治沙工程建设十年规划要点》，其总任务是在保护好现有植被的基础上，10年间要治理沙漠化土地1亿亩，其中治沙造林2000万亩、封沙育林4000万亩、飞机播种造林1000万亩、治沙造田及改造低产田600万亩、人工种草及改良草场2000万亩、发展各种经济植物200万亩、开发利用水面200万亩。治沙工程的总体布局是以西北、华北北部、东北西部万里风沙带为主线，以保护、恢复、扩大林草植被和沙生植被为中心，因地制宜，建立防、治、用有机结合的工程体系；以治理沙漠化土地为重点，保护、封育好现有植被，采用治沙造林、治沙种草、治沙变田等一系列生物、工程措施，建立起绿色屏障，恢复并合理开发利用土地资源，以达到逐步缩小沙漠化土地面积的目的。今后10年要努力完成三大任务：即防沙、治沙、开发利用沙区资源。首先是防沙。要从改革耕作制度、放牧制度、樵采制度和用水制度入手，严加保护沙区林草植被，遏制沙漠化土地扩大。第二是治沙。要采取治沙造林、封沙育林育草、飞机播种造林种草、治沙造田及改造低产田、人工种草及改良草场、种植药材及其他各种经济植物、开发利用水面等多种办法治沙1亿亩。第三是合理开发和利用沙

区光、热、风、水、土资源和各种生物、矿物资源，兴办沙产业。

治沙工程是一项涉及多行业、多部门、多学科的系统工程。确保工程按规划实施，首先是各级领导干部对治沙的重要性、紧迫性和可行性要有一个充分的认识，同时要以身作则，认真动员和组织广大人民群众积极投人到治沙工程中来；其次是依靠全社会的力量，坚持国家、集体、个人一齐上，农、林、牧、水、交通、工矿企业和当地驻军等各行各业通力合作，以确保治沙工程顺利实施；第三是国家的投资计划要落到实处，各项扶持和优惠政策要兑现，以充分调动人民群众的治沙积极性；第四是突出重点，分别轻重缓急，有计划、有步骤地进行治理，同时要强化质量意识，讲究经济效益，做到治理一片，见效一片；第五是坚持走治理与开发、利用并重的路子，在统一规划的前提下，实行沙、水、田、林、路综合治理；第六是紧密依靠科学技术，大力推广国内外先进、适用的治沙技术。

我国人多地少，人口对土地资源的压力日益增大，土地沙漠化是导致生态环境恶 化的最主要因素之一，生态环境恶化将严重阻碍着经济建设的步伐，全国 60％以上的贫困县都集中在风沙区内，一些地方至今尚未解决温饱问题。如果我们现在对土地沙漠化危害的严重性和后果没有一个清醒的认识，让其无限制地发展下去，那么，我们的经济建设不但上不去，甚至连最基本的生存条件最终也会丧失掉。值得欣慰的是，陕西榆林、山西右玉、新疆和田、内蒙古赤峰、甘肃民勤等地变沙漠为绿地、农田、牧场的实例，足以说明只要我们群策群力，持之以恒，那么我国的治沙事业就一定能获得成功。

林业部三北防护林建设局局长、治沙办公室主任、高级工程师　李建树

黄沙碛里有春天

——访中科院兰州沙漠研究所沙坡头实验站

我们驱车来到了中科院兰州沙漠研究所沙坡头实验站采访。这个实验站位于宁夏中卫县境内、腾格里沙漠东南端，年气温从－25℃变化到74℃，而降水量仅为186．2毫米，最大风力达11级。“胡风怒卷黄如雾，穷荒绝漠鸟不飞”，就是昔日这里的真实写照。据统计，近200年来，腾格里沙漠借助风势在这一带向前推进了29公里，致使大片农田、草牧场被毁。

50年代中期，为了防沙治沙，保护从这里通过的包（头）—兰（州）铁路，我国著名沙漠专家刘慎鄂教授率领治沙队，骑着毛驴来到这个风沙肆虐的地方，建起了治沙实验站，拉开了治沙护路的序幕。

这些新中国第一代的沙漠专家，住在单薄的帐篷里，喝着从黄河里背上来的泥水，同铁路固沙林场的同志们一道，摸索降服沙漠的方法。在长达30年中，他们共试验了6种固沙方法。

通过用草方格固沙和用栅栏阻沙等措施，使有机物和水分在流沙表面得以保存，日积月累，就形成了一层薄土。秋天，种子落到这些土上；春天，一场雨后绿芽在这里萌发。于是生命开始在沙漠中繁衍。植物的生长，又增加了有机物的积累。尽管这种积累是缓慢的、长期的，但却给人们带来了切切实实的希望。

“一年只能积几毫米的土。”副研究员石庆辉指着土壤标本介绍说，生长7年的土层厚仅为3厘米左右，生长近30年的土层厚度约为15厘米。

他们在这样的土壤中，种植了耐旱植物花棒、油蒿、沙拐枣、柠条等，有的地区栽种了杨树和槐树。年复一年地打草方格，年复一年地植树种草。慢慢地，一小片一小片的绿色连成一大片；一大片一大片的绿色构成了腾格里沙漠中包兰铁路两侧长达40余

公里、宽百余米的防护林带。

随着植物种类的增多，动物也越来越多。据调查，在沙坡头现有五趾跳鼠、草原黄鼠、草原兔、沙狐、香鼬、沙蜥、凤头百灵、斑鸠、朱雀、白喉莺等120多种动物。微生物、植物、动物，构成了一个食物链，共同维持了沙坡头地区生态的平衡，从而有力地控制了风沙。

近年来，中科院兰州沙漠研究所在治沙中，已逐渐由单纯防治沙害变为对沙漠的综合开发利用研究，即通过人为活动，使沙漠的综合开发利用研究，即通过人为活动，使沙漠既可生产出果、粮、木材等，同时又达到防沙治沙的目的。

1985年，兰州沙漠所与日本沙漠学家远山正瑛教授达成协议，在沙坡头附近进行葡萄栽培试验。葡萄长成后，沿着连体架向前延伸的蔓藤，就像一层巨大的绿被子蒙在茫茫沙漠上。被葡萄覆盖的沙漠，流沙不流，葡萄的叶和果落地后变成肥料，达到治沙目的。

除了葡萄，宁夏中卫县的农民现在已开始向沙漠要粮食、水果和蔬菜。农民们从科学家这里学会在沙漠里种田的知识。通过引黄河水淤灌沙地，当年就可以获得亩产粮食150公斤的好收成。这里种植的国光苹果，每亩可收获6 667公斤，黄瓜每亩可收6 193公斤，番茄可收1万公斤。那些过去无人问津的沙滩，如今变成了农民致富的宝地。

科技工作者和治沙大军在沙坡头树起的这座征服自然的绿色丰碑，被外国朋友称为世界治沙史上的奇观。1978年和1981年，联合国先后在这里举办了两期有12个国家参加的讲习班。一些外国国家首脑、政府官员、科学家和留学生经常来此参观。这里的治沙研究成果荣获了国家科技进步特等奖。

本报记者　贾西平

绿锁狂沙万千重

——来自新疆和田地区的报告

和田，这个古丝绸之路南道上的名镇，今天又默默地创造着生存发展的奇迹，谱写着人类同沙漠抗争的壮歌。

大漠的无情远远超出人们的想象

大自然赐予和田的是一个近乎残酷的生存环境：和田位于昆仑山北麓，塔克拉玛干沙漠南缘。这个全国最大的流动性沙漠有2/3的面积处在和田境内。和田地区7县1市，总面积24.55万平方公里，可供人类活动的绿洲仅占总面积的3.8%，而且被分割成300多块大小不等的绿洲。

浩瀚的塔克拉玛干，以它亘古的冷漠和狂暴拒绝着一切生命的光顾。自汉代以来，由于沙漠的南移，和田被迫向南迁徙了200多公里。那个曾以丝绸地毯羊脂玉闻名的和田几乎被埋没了。

70年代末期，席卷大漠的几场狂风再次把流沙前沿推进到和田策勒县城1.5公里处。沙临城下，策勒告急！请求搬迁。紧接着，皮山县告急！民丰县告急！专家推算，塔克拉玛干南缘近千公里的风沙线正以每年5米的速度向南挺进。

面对疯狂的塔克拉玛干，和田人并没有畏惧，他们决心用植树造林的方法去抵御风沙的南侵。

死死拖住塔克拉玛干南侵的脚步

几乎被大漠包抄只是还未及攻克的和田，自1978年开始了治沙造林、同沙漠争夺生存空间的持久战。饱尝风沙旱碱四害之苦的和田各族人民深深懂得，要保卫自己的家园，首先要大面积营造人工防护林，恢复和发展荒漠天然林。

和田缺水，年平均降水量只有30多毫米。每至夏季，由昆仑山淌下的汩汩雪水如匆匆过客，在和田境内冲出36条洪枯悬殊的季节性河流，多数河流枯水期长达10个多月。这仅有的雪水，也

多半去解了大漠的干渴。

为从大漠口中夺回绿洲的命脉，和田大部分壮劳力不等开春就向昆仑山进发了。挖沟建渠，硬是按住水龙王的头把它拽进了绿洲。

引来了雪水，再运来客土。和田人一口干馕一把雪，修渠引水，造林不止。年过七旬的吐逊尼牙孜喀尔，把准备去麦加朝拜的积蓄倾囊拿出，带领子孙三代在沙丘边平沙造林 200 多亩，在和田传为佳话。

到去年为止，和田地区人工林面积已由 1980 年的 20 万亩，发展到 113 万亩，人均一亩人工林。全地区 230 多万亩农田全部实现了条田林网化。每个网格都由高大乔木、普通乔木和矮杆灌木组成高中低三级防护层，蔚为壮观。

在绿洲内部农田林网基本建成的同时，和田人还在 300 多块绿洲边缘建成了累计 896 公里的固沙基干林带，在绿洲与沙漠戈壁之间筑起了一道道环形封闭的绿障。80 年代初，洛浦县委书记和县长曾为自己立下“任期一届林网化，任期两届建成 100 公里基干林”的“军令状”。现在，洛浦县已建成宽 50 米至 200 米的大型防风固沙基干林 155 公里。和田人把这些负责干部尊称为“林书记”、“林县长”。

牢牢把握“人进沙退”的主动权

如果说保护现有的绿洲是改善生态小环境的需要，那么拓延绿洲、不断增加绿洲外荒漠地带林草植被，则是在更大范围内改善和田生态环境的需要。在阻止沙漠南侵的同时，和田人走出了一条向沙漠主动出击、从沙中夺地的治沙之路。

和田地委行署把恢复发展绿洲外围的天然胡杨林、红柳等野生植被列入防护林建设的议事日程，全地区抽调出 245 人专门负责天然胡杨林的管理，对野生植被采取引洪灌溉、封滩育草的办法，促进天然林草的生长。

荒漠天然林草恢复发展的结果，使和田地区绿洲面积因此扩大了 32 万多亩。几十公里的红柳、胡杨坚守在绿洲和大漠短兵相

接的地带，犹如不屈的勇士，组成保护绿洲的第一道风沙防线，并与基干林带、农田林网联合形成坚不可摧的绿色长城。

请看这样的事实：

皮山、民丰两县将入侵绿洲的流动沙丘拦腰斩断，从大漠前沿夺回了失去的耕地。

曾三次因风沙埋没而迫迁的策勒县，恢复天然植被 15 万亩，70 年代被风沙吞没的 3 万亩农田生机复发。这丝绸古道上被称为“热瓦古”（富镇子）的地方，如今又成为富裕的村镇。

和田、墨玉、洛浦三县的绿洲扩大速度超过了沙化速度，一些地方已出现人进沙退的历史性剧变。

如今，那莽莽苍苍的林网，已把风沙拦在了绿洲之外，有效地改善了和田的生态环境，促进了农林牧业的飞速发展。十一届三中全会以来，和田粮食总产翻番，单产由 98.9 公斤上升到 251 公斤，棉花总产翻了两番。和田还大力发展混农林业，利用农田毛渠栽桑 1500 多万株，发展核桃、红枣等商品基地 1.5 万亩，在乡间小路、林旁渠边架设葡萄长廊 1 304 公里。那大片大片的混农林业不仅在生态上保护着和田，也在经济上造福了和田，为它的经济腾飞插上了绿色的翅膀。

本报记者　温红彦

沙　地　绿　彩

——来自赤峰的治沙报告

赤峰，位于内蒙古东部，科尔沁沙地南沿。

曾几何时，这个“红山文化”和“夏家店文化”的发祥地，由于人口增多、乱垦滥伐，已经“风沙淹得人庐没”，1.35 亿亩的总土地面积中，46%竟属于沙区，近 30 年里年增沙地多达 11.9 万亩。因为风沙，有的村民每四五年必须重盖房子；因为风沙，

"草原列车"经常受阻；因为风沙，白日点灯，"鸡鸭下灶台，毛驴上屋顶"，给羊穿衣御沙的咄咄怪事，早已"见怪不怪"……

"要治沙！不治不能生存，不治老百姓不答应。"赤峰的领导坐不住了，他们决定向狂沙挑战。

绿与黄的较量

治沙，谈何容易！沙厚，风大，树苗栽下去，一阵风沙，刮走的刮走，埋掉的埋掉。栽种一遍不行，只好两遍、三遍。在长胜治沙林场，林场职工一屁股坐在沙土中，给我们示范起挖坑造林的姿势：两腿分开从腿间挖沙，以免流沙填塞挖好的坑。场长还向我们介绍，夏天因沙土厚软，车子一般无法开进，工具、树苗等硬是靠48名职工人抬肩扛运进来的。他们就是用这种原始的方法，把近4万亩的流动沙丘变成了绿地。这是怎样的人沙之战啊！

难的还不只这些。

千百年来，牧民习惯天然放牧，要在草场里植树造林，围栏封育，牲畜圈饲，牧民岂肯？各级领导一方面苦口婆心做工作，挨家挨户去动员；一方面走在治沙队伍的最前列，承包造林点。树终于在农田、牧场、村庄周围，在荒滩沙坡里，扎下了根。

林业科研人员、林业局的领导们还有更深的忧虑：50年代赤峰就开始不间断地造林，但效果不好，辛辛苦苦栽上10万亩林子，却有20万亩土地重新沙化；好不容易保留下来的林子，又几乎变成清一色的"小老树"。如果不改变这种状况，不知还要浪费多少人力、物力、财力和时间。一次次深入沙区的实地调查，一遍遍科学细致的比较实践，科研人员终于在沙地上勾画出一幅蓝图，做出了"综合治理"的文章，走出了一条生态经济型道路。生物措施和工程措施相结合，草灌乔、飞封造一齐上，拉、撵、固、挡手段一齐用……现在，广大林业工作者可以告慰乡亲们：造林成活率即使在大旱之年也能保持在80%以上，治理速度终于走在了沙化速度的前边。

绿色起跑线

赤峰市林业局提供的材料显示：与50年代相比，全市森林覆被率由5.1%上升到19.7%，治沙造田和低产田改造100多万亩，营造各类防护林1 224万亩。据测算，防护林网内平均降低风速31.5%～36.6%，土壤含水量提高3.2%～5.5%，特别是营造牧场防护林后，木本植物和豆科牧草比重由25.3%升到53.3%，亩产干草由几十斤提高到二三百斤，牲畜由几十万头只发展到295万头只，粮豆总产量稳定在4亿公斤。

绿色施恩惠，赤峰地区有许许多多活生生的例子：敖汉沙地里冒出了一条常年不干涸的小河；中组村民首次在自己围封的山杏林中人均获得卖杏核收入150元；沙区群众薪材充足，告别了“耪草根，扫草末，大耙搂，捡粪蛋”的日子；更令人惊叹不已的是胡日哈那片14万亩大沙带，自建起草牧场防护林网后，成了全苏木的宝地，去年5月的一场大冻，林网四周的黄豆几乎全部冻死，唯有林网看护下的黄豆安然无恙，收获了50多万公斤……

目前全市山杏经济林面积有358.2万亩，年产杏核在750万公斤左右，山杏仁系列加工产品已成为全市的“拳头产品”，年创利达410万元；封育区内的沙柳，可适当发展柳编，是外贸出口重要产品……如果把这些资源都充分开发利用，林业的直接产出将增加几倍、十几倍！

共做一个绿色的梦

日本有一位85岁的老人叫远山正瑛，一直自愿在中国腾格里沙漠和内蒙古毛乌素沙漠设点治沙。他有一个观点：生态环境的改善，匹夫有责。

这是远在海那边另一国度的老人的绿色梦，那么，同样生活在这片广袤的土地上，共有一个名字叫“中国”的人们呢？据三北局的同志介绍，自今年全国治沙工程启动以来，国务院决心很大，准备投资、贷款各1亿，然而至今，因各种原因投资尚差一大截，贷款又姗姗来迟。赤峰治沙，相当一部分资金还得靠群众自筹，30元一亩地的造林成本，国家能补贴到位的不足5角钱。在这种情况下，治沙尤其需要国家的大力扶持和八方的共同协力。

赤峰沙区的人们正在编织绿色的梦，但愿这不仅仅是赤峰人的绿色梦！

何利成　吴　焰

“5·5”强沙尘暴透视

——专家谈大西北开发的战略性问题

“5·5”强沙尘暴的肆虐，给新、甘、内蒙古、宁四省（区）的72个县（旗、市、区）带来了巨大损失。然而专家在实地考察中，看到许多发生在同一受灾环境里截然不同的现象。

这是气象工作者对一次沙尘暴实况的记录。

——在风和日丽的天气，遽然狂风卷起沙石，形成高达300～400米的“沙尘暴壁”，自西向东扑来，瞬间最大风速34米/秒，风力达12级，能见度倏忽降为零米。沙尘暴壁呈三层，每层有一球状尘团滚动，壁下层呈黑色，中上部为红、黄相间，壁中发出沉闷的轰鸣，一两公里外可闻。

考察资料表明，沙尘暴由三种运动形式组成：粗沙、石砾在地表滚动，近距离搬运；细沙、中沙在地表10米内形成风沙流，短短离运行；粉尘在空中悬浮，长途飘移，导致大范围降尘，其破坏力不亚于地震、水灾和火灾。

专家认为，气象部门成功地预测、预报了这次灾害天气，使大部分地区提前作了防灾准备。可是对于沙尘暴多发区的西北来说，预测预报重要，增强生态环境抗灾能力同样重要。

宁夏陶乐县有个月牙湖农业开发区，与开发区一沟相隔还有个头道墩县林场。林场重视治沙，造林1万多株，初步形成纵深50米的固沙防风带。而月牙湖开发区建区以来，忽视林水先行和整地与种草同步，虽然开发农田2.1万亩，却破坏植被3.3万亩，千余户移民烧柴困难，每年樵采破坏固定沙丘植被1.3万余

亩，现在开发区周围植被几乎挖光。在这次强沙尘暴中，两处的灾情截然不同。林场农田无严重灾害。月牙湖开发区213公里水渠被流沙埋没，今年种植的9000亩小麦，有3000亩被沙压沙埋，基本绝收。

甘肃省治沙所冒着沙尘暴在民勤县把防护林网内的2500亩农田，同林带边缘及空旷地带的1500亩农田做对比观测，结果为：风速，林外为31米/秒、林内为22米/秒，林内2米高处风速较林外降低30～50%，近地表风速降低70%以上；地表风蚀，林外为5厘米、林内为0.1厘米，相差50倍；受灾面积，林外为50%、林内为5%，相差10倍。这表明林草植被的多少，直接影响着沙尘暴的强度和危害程度。

其他大量事例也印证了这个规律。内蒙古阿拉善盟哈萨图草原飞播区近年来飞播造林160万亩，覆盖度均在40%以上，在这次强沙尘暴侵袭过程中，没有受到危害；而飞播区外面，却是光秃秃的波状沙地，风起尘扬，沙浪滚动。还有地处宁夏中卫县的沙坡头固沙林，包兰铁路在其间穿越腾格里沙漠几十公里，沙尘暴袭击中卫县时，最大风速达37.9米/秒，由于路边建起5条防沙带，强劲的沙尘暴仅使前沿阻沙带和封沙育草带部分埋毁，铁路没有受到任何威胁；与此相反，兰新铁路黄羊镇等几个站、包兰铁路干塘以南几个站，因防风固沙带质量较差，导致铁路被埋，运输陷于瘫痪。

林业部专家考察组组长、“三北”防护林建设局局长李建树认为，治沙造林，改善生态环境，对于保护干旱、半干旱地区人民的基本生存条件、保障西北地区的经济发展至关重要。现在的问题是，近几年许多不科学、不配套的开发活动，导致植被和地表结构遭受破坏的速度，远远超过林草建设的速度。宁夏青铜峡市甘城子开发区1991年实施的第三级扬水工程开发农田6.8万亩，由于没有做到林草先行，新开荒地不仅在沙尘暴中遭到毁灭性灾害，还为大风提供了沙源，给一、二级扬水开发区带来上百万元林果损失。再就是草原过度放牧现象严重。内蒙古阿拉善盟有草

场 2.6 亿亩，可利用草场 1.5 亿亩，50 年代载畜量 60 万羊单位，而 1992 年增加到 246.5 万羊单位，现在 80%的草场退化，这次受灾十分严重。

李建树说，为什么北京 4 月份大风把马路上的广告牌都吹倒了而没有形成沙尘暴?是因为近些年京津唐地区绿化工作做得好，使大风天气不起沙；为什么西北地区近年来沙尘暴发生频率越来越高、灾害越来越重？是因为滥垦、过度放牧和大量破坏性挖甘草、搂发菜现象日益严重。大气环流风系给西北带来频繁大风和干旱，人力目前还无法改变，但加快人力活动场所及范围的沙漠化治理速度、保护治沙成果是可以做到的。他建议国家在加大治沙投资的同时，建立土地沙漠化监测体系，制定《防沙治沙法》，要“以法制沙”。

参加专家考察组的北京林业大学教师关君蔚、王贤、张克斌提出这样一个问题：西北地区干旱、缺水；这次强沙尘暴成因之一也是受灾区今年 1 至 5 月比常年少降水 60%，缺水，为什么在极度干旱环境里的沙尘暴发生时，有相当多的人是被风沙刮到水沟里浸死的？这里有缺乏防害知识问题，同时也反映了水资源利用不合理的问题。他们说，随着大西北的开发，现在部分地区水资源出现分配、利用不当现象，造成地下水资源超采，地下水位逐年下降，大面积人工和天然植被出现枯梢和死亡。甘肃民勤县五六十年代就是全国治沙典型，人工营造防风固沙林保存面积 80 多万亩。近 10 年来由于上游工农业用水增加，地下水位下降。据统计，已造成 13.5 万亩成片沙枣林枯死，35 万亩的白茨、红柳处于半死不活状态，395 万亩天然砾质荒漠草场退化为沙质荒漠草场，许多地方多年固定了的流沙重新复活，逼向农田。民勤县这次受灾严重，与此有直接关系。

刚刚从内蒙古总结赤峰治沙经验回京的中国治沙暨沙业学会理事长董智勇谈起自己的切身体会：粗放的种植形式，传统的经营观念，在山青水秀的江南开始转变，在风沙肆虐的干旱西北更应该抛弃。因为这里严重缺水，这时居住越来越多的人，与树、草、

畜、兽等一切生灵的生存以及这方土地的经济发展，都依赖于这点有限的水。人们要求在这种脆弱生态环境中寻找一条摆脱贫困、持续发展之路。他们需要知识，需要科学技术。他建议，国家给科技人员创办沙产业拨一部分启动资金，让科技人员自己管理，自己经营，真正发挥“科技是第一生产力”的作用，通过国家、地方、科技人员互利的形式，把国家其它专项投人有机组合起来，共同探索一条振兴大西北的成功之路。

《钱学森致刘恕信件摘录》见报后一直为创建沙产业筹集资金的刘恕告诉记者：钱老“创建沙产业，振兴大西北”的设想，正在被海内外的同胞视为“爱国主义”活动。有的海内外同胞已经表示愿为建立沙产业基金会解囊。她——这位曾任甘肃省副省长的沙漠研究专家认为，建立沙产业基金，这是一种创新精神、改革的思路。她希望国家和有关部门积极扶持沙产业基金会的创建，同时建议主管沙区治理工作的林业部建立一个较有实力、具有开拓精神的实体，与沙产业基金会相呼应，以便推动沙产业企业化、产品化、商品化。只要社会各界有识之士共同努力，一定大有希望。

谢联辉　吴　焰

纪念钱学森建立沙产业理论十周年新闻报道

钱学森沙产业理论研讨会举行
中国促进沙产业基金会成立

本报讯 日前，中国促进沙产业发展基金筹备组在北京召开了纪念钱学森建立沙产业理论10周年学术研讨会。钱学森教授来函向参加研讨会的专家学者表示致意。他希望用新的思维来对待沙漠，在广阔的沙漠中建立起可产生上千亿元产值的大事业。

10年前，钱学森教授就倡导创建沙产业。参加这次研讨会的60多位专家学者结合10年来的科学探索和生产实践，对钱老的沙产业理论及产业发展前景进行了热烈的讨论。

代表认为，钱老倡导的沙产业理论不仅是治沙、防沙，制止沙漠化的组成部分，更是"对已有基础的防沙、治沙、固沙事业的开拓"。它将目光转向了沙漠地区的阳光作用，把增加太阳能固定转化效率作为一种开发方向，建立起知识密集性农业型产业——沙产业。

代表认为，在环境意识不断提高、科技不断进步的今天，我们有必要站在一个新的历史平台上，用一种全新的观念、全新的思维方式去综合分析、研究沙区资源优势，用全新的治理措施、开发模式去经营、管理沙区生态经济系统。

专家们建议，尽快建立沙产 业专业公司，重点发展沙产业龙头技术和带头产业；选择甘肃河西、内蒙古、新疆等地建立沙产业试点示范基地。

9月27日，经过一年筹办的促进沙产业基金会正式成立。中国科协书记处书记刘恕，林业部科技委副主任董智勇被推选为基

金管理委员会正、副主任。

（张汉平）

《人民日报》1994 年 10 月 24 日

用新的思维对待沙漠

中国促进沙产业基金会成立

本报讯 中国促进沙产业发展基金会日前在北京召开纪念钱学森建立沙产业理论十周年学术研讨会。钱学森教授来函，希望用新的思维来对待沙漠，在广阔的沙漠中建立起产生上千亿元产值的大事业。

10 年前，钱学森教授就倡导创建沙产业。参加这次研讨会的 60 多位专家学者结合 10 年来的科学探索和生产实践，对钱老的沙产业理论及产业发展前景进行了热烈的讨论。

代表认为，钱老倡导的沙产业理论不仅是治沙、防沙，制止沙漠化的组成部分，更是"对已有基础的防沙、治沙、固沙事业的开拓"。它将目光转向了沙漠地区的阳光作用，把增加太阳能固定转化效率做为一种开发方向，建立起知识密集性农业型产业——沙产业。

代表认为，在环境意识不断提高、科技不断进步的今天，我们有必要站在一个新的历史平台上，用一种全新的观念、全新的思维方式去综合分析、研究沙区资源优势，用全新的治理措施、开发模式去经营、管理沙区生态经济系统。

专家们建议，尽快建立沙产业专业公司，重点发展沙产业龙头技术和带头产业；选择甘肃河西、内蒙古、新疆等地建立沙产业试点示范基地。

（李　明）

《科技日报》1994 年 11 月 10 日

钱学森沙产业理论研讨会召开

本报讯　记者张林军报道　日前，中国科协主办的“纪念钱学森建立沙 产业理论十周年研讨会”在北京召开。

著名科学家钱学森发来贺信，寄语我国沙漠事业的工作者：“我在十年前提出沙产业的设想，只是考虑到我国有153万平方公里沙漠、戈壁和沙漠化土地，而且沙漠、戈壁不是没有生物，我们应该让生物利用太阳光能为人类创造财富。我很高兴地知道，现在甘草和沙棘已成了规模生产。”“……我们现在由伟大的中国共产党领导的社会主义中国，一定能把153万平方公里的沙漠、戈壁和沙漠化土地通过建立沙产业而改造成绿洲！”

中国科协书记处书记刘恕在会上向政府有关部门及一切关心沙区环境和人民的有识之士呼吁，关心和扶持我国的沙产业事业。

来自全国各地从事沙漠事业的70余位专家学者出席了此次研讨会。与会专家认为，我国农业土地利用几乎达到极限，随着人口的不断增加，人类将面临食物不足的危机。钱学森所提出 的“沙产业”构想，就是为解决这个问题探索出路，是人们认识和利用资源的一次革命。“沙产业”理论的提出，必将对沙漠地区的工业布局、能源、交通建设，以及引进外资，吸收开发人才，起到十分重要的现实指导意义。

《中国科协报》1994年10月13日

用全新的观念和思维方式对待沙漠

钱学森建立沙产业理论十周年学术研讨会举行

本报消息（记者黄蔚琦）中国促进沙产业发展基金筹备组最近在北京召开了纪念钱学森教授建立沙产业理论十周年学术研讨会。钱学森教授来函向与会的专家学者致意。他希望用新的思维来对待沙漠，在广阔的沙漠中建立起能创造上千亿元产值的大事业。

10年前，钱学森教授就倡导创建沙产业。参加这次研讨会的60多位专家学者结合10年来的科学探索和生产实践，对钱学森的沙产业理论及产业发展前景进行了热烈讨论。

与会者认为，钱学森倡导的沙产业理论不仅是治沙、防沙，制止沙漠化的组成部分，更是“对已有基础的防沙、治沙、固沙事业的开拓”。它将目光转向了沙漠地区的阳光作用，把增加太阳能固定转化效率作为一种开发方向，建立起知识密集性农业型产业——沙产业。

与会者认为，在环境意识不断提高，科技不断进步的今天，我们有必要站在一个新的历史平台上，用一种全新的观念、全新的思维方式去综合分析、研究沙区资源优势，用全新的治理措施、开发模式去经营、管理沙区生态经济系统。

专家们建议，尽快建立沙产业专业公司，重点发展沙产业龙头技术和带头产业；选择甘肃河西、内蒙古和新疆等地建立沙产业试点示范基地。

《人民政协报》1994年10月25日

用全新的观念全新的思维方式对待沙漠

专家聚会研讨钱学森沙产业理论

本报讯 用一种全新的观念、全新的思维方式综合分析研究沙区资源优势，用全新的治理措施开发模式经营管理沙区生态经济系统，这是日前在京召开的一次理论研讨会上，全国60多位著名专家学者取得的共识。

1984年，钱学森教授发表了倡导创建沙产业的重要论文。在9月27～28日召开的学术研讨会上，专家学者结合10年来自己的科学探索和生产实践，对钱学森教授所论述的沙产业内涵及产业发展前景进行了深入的探讨。

据介绍，钱老倡导的沙产业，不仅是治沙、防沙，制止沙漠化的组成部分，更是对已有一定基础的防沙、治沙、固沙事业的开拓。钱老所倡导的这一产业，没有把人类在沙漠地区最为普遍

和形成规模的传统种植业、畜牧业以及石油、天然气和煤炭的开采视为目标，而将目光转向分布在地球表面相当面积的沙漠地区的阳光利用，把增加太阳能固定转化效率作为一种开发方向。钱老期望运用全部的现代科技，包括物理、化学、生物学这样的基础学科，通过光合作用固定转化太阳能，建立起知识密集性农业型产业之一——沙产业，在广阔的沙漠上创建一番新事业。

与会专家认为，在环境意识不断提高，科学技术高速进步的今天，有必要重新审视过去建立在单一减风灾、防沙害基础上的治理方法和措施。钱老的沙产业思想为中国治理风沙灾害和开发利用沙区资源筑起了崭新的平台。扎根在这个平台上的沙产业的主要特征是充分利用沙漠戈壁的特殊自然条件，极大提高生物转化太阳能效率。

经过认真研讨，专家们进一步明确了发展沙产业的目标。这就是运用系统工程，寓防治于开发之中，以求得沙区发展的协调性、综合性和持续性。而沙产业运行的机制，则应以社会主义市场经济为导向，求得特殊生境中的特殊经济效应及价值。

专家强调，沙漠农业不仅需要像温室和滴灌这类关键的技术手段，而且要求其他技术措施的配合及配套。

面对沙漠这一复杂的客体，人们既不能凭借现有的知识、强大的技术和雄厚的资金为所欲为，也不能以“常识”代替真理，缺乏周密的科学依据而草率从事。专家强调，沙漠地区的开发最为重要的是科学正确的战略抉择。

专家们建议，尽快扶持建立起沙产业专业公司，重点发展沙产业龙头技术和带头产业，像滴灌设备公司、温室技术及设备公司、藻类产业公司等。专家们还建议，首先选择甘肃河西、内蒙古、新疆等地建立试点示范基地。

会议期间，促进沙产业基金正式设立。中国科协书记处书记刘恕任管理委员会主任。

（铁　铮）

《中国环境报》1994 年 10 月 18 日

中国科学技术发展基金会促进沙产业发展专项基金章程

（一）

著名科学家钱学森教授倡导在中国沙漠地区发展沙产业，旨在充分利用沙漠地区特有自然生态环境条件，将沙漠地区开 发利用与沙害的治理有机结合，形成一种“寓防治于开发之中”的沙漠治理途径。

本专项基金的宗旨是“促进著名科学家钱学森教授关于沙产业学科思想的深化、发展与实践；促进和扶持沙产业实体的创建与发展；宣传沙产业学科思想和沙漠治理典型，教育人们了解、掌握沙漠地区自然生态环境特征；促进人才的成长。

（二）

本专项基金来源为关心支持沙产业发展，关心支持沙漠治理的海内外组织、团体、个人的捐赠和支持，以及有关国内外组织的项目资金。

（三）

本项基金的使用，尊重捐赠者意愿及有关项目资金的规定，主要用于：

1. 推进沙产业理论发展与普及；

2. 奖励研究沙产业学科、发展沙产业技术、宣传沙产业思想有贡献的人员。

3. 扶持沙产业实体的创建和发展。

（四）

本专项基金设立管理委员会。管理委员会的主要任务是：

1. 督导本专项基金宗旨的实施；

2. 开展本专项基金管理工作；

3. 发展本专项基金，筹建沙产业发展基金会。

管理委员会由主任及委员若干人组成，并聘请对创建沙产业有杰出贡献者为荣誉会长、荣誉副会长。

委员会的日常工作由专项基金办公室处理。

（五）

本专项基金具体使用办法，将按国家有关规定制定具体细则，由委员会讨论后实施。

促进沙产业发展基金集资奖励办法（摘要）

促进沙产业发展基金隶属于中国科学技术发展基金会，有关集资奖励办法参照基金会管理办法制定。

本基金属于永久性捐赠的专项基金。基金的本金原则上不动用，增值部分用于学术交流、产业开发、宣传教育活动，以及奖励研究沙产业学科、发展沙产业技术、宣传沙产业思想有贡献的人员。办事机构每年的行政开支不能超过增值收人的5%。本专项基金的使用，尊重捐赠者的意愿。对于注明捐赠使用意向的基金，将按捐赠方的要求，制订相应的管理制度及使用办法，有成效地开展活动。

对捐赠者的奖励：捐资20万元以上者，可参加专项基金委员会，属社会知名人士或著名科学家，可聘为顾问和名誉职务，由基金会颁发证书和金质纪念牌。捐资10万元以上者，可参加专项基金委员会，颁发证书和银质纪念牌。捐资5万元以上者，颁发证书和铜质纪念牌。捐资1万元以上者，颁发证书。捐资1000元以上者，赠精美收据并注册留名。

促进沙产业发展基金委员会下设机构

秘书组：负责日常事务。学术组：负责设计评审和推荐项目及受奖科技工作者名单。宣传教育组：围绕基金宗旨、目的，开展旨在提高全民保护生态环境意识的宣传教育工作。

给促进沙产业基金捐赠款项的帐号

开户行（人民币）：工商行紫竹院分理处，帐号144161—04；开户行（美元）：中国银行总行营业部，帐号71411376；开户行（英镑）：中国银行总行营业部，帐号71200124。（请捐赠者一定要注明：用于中国科学技术发展基金会促进沙产业基金）。

联系人：朱雪芬（100863）北京三里河路54号中国科学技术协会办公厅。

促进沙产业发展基金概况

中国科学技术发展基金会促进沙产业基金于1994年9月27日在北京成立。基金管理委员会由主任、副主任和13名委员组成。刘恕、董智勇教授分别担任管理委员会正副主任，会议通过了《中国科学技术发展基金会促进沙产业发展专项基金章程》、《中国科学技术发展基金会促进沙产业发展基金集资奖励办法》。

占陆地面积1/3的干旱荒漠土地，是具有特殊自然条件的地理单元。充沛的阳光、干燥的大气、多风少雨等形成的严酷环境，使这里的经济活动既有诱人的潜力，又面临短期行为招致的环境退化的危险。一个世纪以来的实践证明，干旱荒漠土地的经济开发，需要一个正确的战略导向。

10年前，中国著名科学家钱学森教授首倡在沙漠戈壁地区创建农业型的知识密集产业——沙产业。要求运用全部的现代科学技术，包括物理、化学、生物学这样的基础学科，通过植物的光合作用固定转化太阳能；强调充分运用自然科学、社会科学、工程技术以及一切可以运用的知识来组织经营这种产业；并指出工矿业、原材料业以及交通运输业，通讯情报业、教育文化业和商品流通、城乡建设等都要跟上。钱学森教授不但为沙产业的战略框架指明了一个正确的目的方向，即充分利用转化太阳能，而且包含了一系列达到这一目的的手段、方法、措施。

1994年9月60多位学者在北京召开纪念钱学森教授建立沙产业理论十周年学术研讨会。与会专家学者结合10年来自己的科学探索和生产实践活动，对钱学森教授所论述的沙产业内涵及沙产业发展前景取得了共识。促进沙产业发展基金负责人、沙漠生态学家刘恕教授在讨论会上的主题报告《沙产业——跨世纪的沙漠利用战略构想 表达了中国学术界对这一理论的高度评价，不

仅有方向性、远瞻性的战略意义，而且有现实的可操作性。

会议向捐赠钱学森教授 30 万元港币建立促进沙产业基金的海外侨胞和其他捐赠人表示感谢。促进沙产业基金管理委员会强调指出，在脆弱生态环境下创建沙产业，在经济贫困沙漠地区发展沙产业必须广大民众参与，必须得到社会乃至世界各界支持。创建和发展沙产业，是一项抵御自然灾害、保护生态环境、科学开发沙漠地区资源的巨型工程，是一种爱护地球、保护人类的具体行动，定会得到更多的有识之士的支持和帮助。

编　后

纪念钱老倡导建立沙产 业理论十周年论文集与读者见面了。

论文集集中反映了，纪念沙产业十周年会上，有关专家学者的重要发言内容及学术讨论上提交的论文；同时汇集了近年来新闻媒介报导材料，较全面的阐述了沙产业概念、内涵、发展前景。为关心干旱地区发展，从事自然环境保护人们提供了宝贵的信息资料。

令人欣慰的是，在本论文集与读者见面时，恰是第一个世界防治荒漠化和干旱日之时。作为全球严重生态问题之一的荒漠化已引起国际社会极大关注。联合国不仅将其列为优先采取行动重点领域，又确定了每年 6 月 17 日为世界防治荒漠化日。从防治荒漠化角度，在中国沙漠戈壁地区发展沙产业旨在充分利用沙漠地区特有生态环境条件，将沙漠地区开发利用与沙害治理有机结合，形成寓防治于开发之中治理途径，定会把我国荒漠化防治推向新阶段，为全球防治荒漠化作出贡献。

编　者

1995 年 6 月

[General Information]
书名=纪念钱学森建立沙产业理论十周年文集
作者=
页数=357
SS号=0
出版日期=
Vss号=77516940